Chemische Skizzen

für

Haus und Gewerbe

von

Dr. Otto Ule.

Kleine naturw. Schr. III.

Halle,
G. Schwetschke'scher Verlag.
1866.

Dr. Otto Ule's ausgewählte kleine naturwissenschaftliche Schriften erscheinen in einer Reihe von Bändchen, welche in Hefte getheilt versandt werden, à Heft 6 Sgr.

Die Käufer sind immer nur zur Abnahme eines vollständigen Bändchens verpflichtet.

Man wolle der letzten Seite des Umschlages eine Beachtung schenken.

Digitized by Google

Dr. Otto Ule's

ausgewählte kleine

naturwissenschaftliche Schriften.

3. Bändchen.

Chemische Skizzen für Haus und Gewerbe.

Halle,
G. Schwetschke'scher Verlag.
1866.

Digitized by Google

Digitized by Google

Chemiſche Skizzen

für

Haus und Gewerbe

von

Dr. Otto Ule.

Halle,
G. Schwetſchke'ſcher Verlag.
1866.

Digitized by Google

Digitized by Google

Vorwort.

In dem großen Haushalt der Natur findet ein beſtändiger Austauſch ſtatt; unendlich Vieles wird verbraucht, aber dieſes unendlich Viele wird immer wieder erſetzt. Kein neuer Stoff kommt hinzu, kein Stoff geht verloren; die Menge der arbeitenden Stoffe wird nicht größer, nicht kleiner. In ſtetem Wechſelſpiel walten die mächtigen Kräfte in der nie ruhenden Natur, Formen bildend, Formen auflöſend, und durch alle die Formen, deren Beſtand oft nur ein ſchnell vorübergehender iſt, drehen ſich die Stoffe in wunderbarem Kreislauf. So ſicher, ſo geräuſchlos, ſo geheimnißvoll geht dieſe raſtloſe Thätigkeit vor ſich, daß wir ohne gründliche Studien oft kaum eine Ahnung von ihrem wundervollen Walten haben können; Vielen bleibt ſie verborgen, Andern erſcheint ſie wie in Hieroglyphen geſchrieben. Aber die Beherrſchung und Benutzung dieſer chemiſchen Vorgänge, wie ſie die Wiſſenſchaft nennt, die ſelbſt den Menſchenleib nicht unberührt laſſen und überall, wohin das Auge ſich wendet, Proceſſe ſteter Veränderung und Verwandlung begründen, iſt für den Menſchen eine unerſchöpfliche Quelle zu immer neuen Thätigkeiten geworden. Man ſtaunt mit Recht über die Erzeugniſſe und Wunder, welche der denkende und erfindungsreiche Menſchengeiſt mit Hülfe dieſer Naturkräfte hergeſtellt hat; man ahnt bereits aus dem Triumph des Menſchen über die Natur eine Umgeſtaltung des Lebens ganzer Völker, wie des einzelnen Menſchen; man fühlt ſich von den Kreiſen

Digitized by Google

dieſer hohen Wiſſenſchaft, die zu ſo unendlichem geiſtigen, wie materiellen Nutzen führte, angezogen, umſchlungen, erhoben.

An der Hand der Wiſſenſchaft die Geſetze dieſer chemiſchen Wandlungen und Veränderungen überall im täglichen Leben, im Hauſe und auf der Straße, in den Gewerben und in den Künſten aufzuſuchen, um ſie zu begreifen und zu beherrſchen, iſt die Pflicht jedes denkenden und gebildeten Menſchen. Dazu aber anzuleiten und zu helfen, iſt die Aufgabe dieſer Skizzen.

Ein Lehrbuch der Chemie würde mit den Elementen zu beginnen haben. Aber, was man Elemente einer Wiſſenſchaft nennt, iſt meiſt nicht das Einfachſte und Verſtändlichſte, es ſind vielmehr Abſtractionen, die erſt bei vollkommener Kenntniß des Ganzen begriffen werden können. Ich habe es darum vorgezogen, den Leſer unmittelbar mitten in das volle Leben der Natur hineinzuführen und den Fortſchritt weniger in der Wahl der Gegenſtände, als in der Form der Behandlung zu ſuchen. So ſind dieſe Skizzen entſtanden, die an einzelnen Erſcheinungen des täglichen Lebens, an einzelnen Vorgängen der Natur, an einzelnen Erzeugniſſen der Gewerbe nacheinander die wichtigſten Begriffe, Geſetze und Theorien der chemiſchen Wiſſenſchaft erläutern. Manches wird in dieſen Skizzen vermißt werden; aber neben anziehender Unterhaltung werden ſie dem denkenden Leſer auch die Anregung gewähren, weiter zu forſchen und zu lernen und das Gelernte überzutragen auf nicht berührte Gebiete.

Halle, den 4. April 1866.

Dr. **Otto Ule.**

Digitized by Google

Erstes Kapitel.

Die Verbrennung.

Der Frühling macht auch den prosaischesten Menschen zum Dichter. Diese alljährliche Auferstehungsfeier der Natur erfüllt ihn mit Ahnungsschauern der Zukunft. Dieses Erwachen des Lebens, dessen Gräber sich öffnen, die gefangenen Keime, die schlummernden Todten herauszugeben, erweckt auch in dem erkalteten Menschenherzen neue Keime kräftigen Handelns, Hoffens und Liebens. Die stille Wehmuth, die uns bisweilen an Frühlingstagen beschleicht, mag wohl der Schmerz sein, der immer die Geburt neuen Lebens begleitet. Leben aber ist es, das uns begrüßt, wenn ein warmer Hauch zu Tausenden grüne Kräuter und bunte Blüthen aus schwarzem Erdreich und dürrem Rasen, aus Fels und Wasser, aus trocknen Zweigen und feuchten Mauern hervorruft. Leben winkt uns, wenn die Würmer ihre Löcher verlassen, Käfer und Schmetterlinge ihre Hüllen sprengen, wenn die Lerchen steigen und die Nachtigallen wiederkehren. Das sich drängende, überquellende Leben verwirrt, aber entzückt uns.

Der Winter ist die Zeit der Erstarrung, des Todes, wo Alles schweigt, Alles ruht, Alles nur bangt,

Digitized by Google

daß ihm der ersehnte Morgen nicht aufgehen werde. Ist es denn aber wahr, ist es wirklich so todt in der eisigen Winternacht, ist leblos Alles, was nicht Blume wird, oder Glieder regt, oder Lieder singt? Unser Gefühl allerdings macht es uns glauben. Wir fühlen uns einsam und verlassen in winterlicher Oede, wie im Gluthensande der Wüste, auf dem glatten Spiegel des Oceanes, unter den Lavablöcken und Schlackentrümmern am Fuße eines Vulkans.

Wohl regt sich auch ein stilles Pflanzenleben unter der Schneedecke, im Wüstensand, in Wellen und Felsen; eine verborgene Thierwelt hat dort ihre Heimath, und Millionen lebensfroher Wesen bauen, nähren sich, lieben und hassen, wo wir nur Grab und Tod sehen.

Aber mit einem andern geheimen Leben noch umgibt uns rings die Natur, einem mächtig schaffenden, endlosen, an dem unsre Blicke oft haften, das nur unsre Gedanken nicht achten und kennen. Ich meine nicht jenes Leben, das der Dichter so oft besingt, das Rieseln des Baches, das Rauschen des Windes, das Rollen des Donners, ich meine nicht den entzückenden Tanz der Sonnenstrahlen auf den Meereswogen oder ihr Zauberspiel in den Thautropfen des Grases. Ich meine das nicht; denn der Wind kann schweigen, die Quelle versiegen, der Donner verhallen, schwarze Nacht kann das Licht der Sonne und Sterne verhüllen. Das

Digitized by Google

Leben, das ich meine, wacht auch dann, das ruht nicht in seinem gewaltigen Schaffen.

Laß Deine Phantasie nicht in die Ferne schweifen, lieber Leser, wenn die Nähe Dich ruft. Das Leben, auf das ich Deine Aufmerksamkeit lenke, ist ein gar alltägliches und prosaisches. Es sorgt nicht bloß für Deine zarten, geistigen Genüsse, sondern für Deine niedrigsten und materiellsten. Es bereitet Dir Nahrung und Kleidung, Werkzeuge für Deine Gewerbe, Acker für Deine Saaten; es erleuchtet und erwärmt Deine Zimmer, es braut und gährt und färbt in Deinen Kesseln und Töpfen. Es wohnt in Haus und Wald, in Erde und Luft und Meer, im Stein, wie in Pflanze und Thier. Alles, was Dich umgibt, ist ein Kind dieses Lebens, und Dein Leib selbst bestimmt, sein Opfer zu werden.

Du fragst verwundert nach dem Namen dieses offenen Geheimnisses? Du bist freilich gewohnt, neben der lebendigen Natur eine todte zu sehen, einen todten Stoff, der erst in Mensch und Thier, allenfalls auch in der Pflanze lebendig oder vielmehr Werkzeug und Grundlage des Lebens wird. Woran erkennst Du denn, was Du Leben nennst? Du sagst, an der Selbstthätigkeit, mit der es sich selbst Leib und Organe schafft und erhält, an der Einheit, in der sich alle seine Erscheinungen zusammenschließen, um ein Einzelwesen, ein Ganzes zu entwickeln. Du siehst dem zarten Saamenkorn die Pflanze entkeimen, siehst die jun-

Digitized by Google

gen Triebe aus Erde und Luft Nahrung ſaugen und den Raub in zarten Zellen aufſpeichern, um ihn umzuwandeln in Eiweiß und Stärkemehl, in Farbeſtoff für ihren äußern Schmuck, in ätheriſche Oele für den Duft ihrer Blüthen. Da verdorren die Blätter und fallen ab, ſie verwandeln ſich in unſcheinbaren Staub, den Humus, der auch endlich ſchwindet bis auf wenige Aſche, die ſich nicht verflüchtigen kann. Du trägſt vielleicht den Zweig in die Küche und verbrennſt ihn in wenigen Minuten zu derſelben Aſche. Aus jener Pflanze ſcheint Dir das Leben gewichen. Und doch gehen in der todten Pflanze noch Veränderungen vor. Du nennſt ihre Urſachen Kräfte, meinſt aber, es ſeien andere, als jene Lebenskraft, die von innen heraus wirkte und umwandelte. Aber das Leben erwachte doch aus dieſem todten Stoffe; wie mochte aus dem Tode das Leben kommen? War es ein Hauch von außen, von jenſeits, der ihm dieſe Seele eingab? Du würdeſt die Natur, würdeſt Dich ſelbſt und Deine Freiheit tödten, wollteſt Du das zugeben. Nicht von außen kommen jene Kräfte, welche einen Stoff zum andern ziehen, welche die Körper bewegen und verwandeln, dehnen und zuſammenziehen, ihnen Töne und Licht entlocken. In ihrem Innern ſchlummert verborgenes Leben; die ganze Natur iſt ſelbſtthätig, in der wachſenden Pflanze ſowohl, wie in der verweſenden und verbrennenden.

Digitized by Google

Du nanntest Kraft, was jene Veränderungen in den Dingen schuf, und Du gibst zu, daß sie nichts Aeußeres, sinnlich Wahrnehmbares, daß sie das innere, freie Wesen der Materie sei. Aber Du vermissest die Einheit, den Zweck in Deiner todten Natur, während Dein geheimnißvolles Leben alle Kräfte nach ewigen Gesetzen beherrscht und zum festen Ziele leitet. Meinst Du denn, die Natur walte blind und zwecklos? Wenn Du die Ausführung eines großen Baues anstaunst, wenn Du tausend Hände geschäftig siehst, das Werk zu vollenden, meinst Du dann auch, wenn Du nirgends den Werkmeister erblickst, der diese Hände leitet, dessen Kopf diese Idee in sich schließt, jene Arbeiter legen nur zufällig die Steine aufeinander? Siehst Du in der Natur diese Planmäßigkeit nicht? wo Nichts vereinzelt, Alles gegenseitig bedingt, Jedes um seiner selbst willen und doch für das Andere nothwendig? Suche nur den Zweck nicht in Einzelheiten, wohl gar in Dir selbst, in den Bedürfnissen Deines gemeinen Lebens; suche ihn auch nicht draußen und jenseits, suche ihn im Ganzen und Innern!

So ist die Natur eine selbstthätige Schöpfung abhängiger, vergänglicher Geschöpfe, ein geistiges Wirken in sinnlichen, räumlichen Erscheinungen, eine Einheit, die eine unendliche Mannigfaltigkeit von Einzelnheiten erzeugt und umfaßt; sie ist ein lebendiger Organismus, und Nichts außer ihr, das sie bedingen und bestimmen könnte.

Digitized by Google

Leben aber ist Wirken, ist Kampf, Kampf um Freiheit, Einheit und Vollendung, stete Vernichtung des Bestehenden, aus der das Bestehende stets aufs Neue hervorgeht. Der Mensch trägt die felsenfeste Hoffnung der Unsterblichkeit, der Vollendung im Geiste in sich. Ein gleiches Sehnen nach Verklärung geht durch die ganze Natur, ruft Alles zu ruheloſem Verändern und Bewegen auf. Es ist ein schmerzliches Sehnen, denn es kann nur erfüllt werden durch Vernichtung der Natürlichkeit. Die Natur sträubt sich dagegen, sie fürchtet den Tod. Erinnerung fesselt den Geist mit irdischen Banden, oft so lieblichen, daß er in den Staub zurücksinkt, der ihm Wiege und Heimath war. So ist das Leben ein stetes Schauen nach Vorwärts und Rückwärts, ein Hoffen und Erinnern. Der flüchtig gewordene Stoff selbst, das Gas, kehrt immer wieder in die beengenden Schranken der Form zurück, und der härteste Stein vermag nicht dem Drange nach Verflüchtigung zu widerstehen.

Jetzt, da wir ein Recht erlangt haben, Leben auch in der todten Natur zu finden, wollen wir es in den Erscheinungen aufsuchen, die uns rings umgeben. Wir sehen das Eisen in feuchter Luft rosten, den Felsen verwittern, sehen den Saft der Trauben zu Wein, den Wein zu Essig werden, sehen Thier- und Pflanzenstoffe in Fäulniß übergehen, Holz und Oel in strahlendem Flammengewande verschwinden. Die Stoffe verwandeln sich unter unsern Augen, werden neue an

Digitized by Google

Gewicht, Form, Farbe, Geſchmack und Wirkung, und wir nennen dieſe Verwandlungen chemiſche Prozeſſe.

Schon der Name deutet darauf hin, daß hier ein Kampf zwiſchen Gegenſätzen, Parteien ſtattfindet. Gegenſätze entzweien die Materie, wie das Herz des Menſchen. Träge widerſtrebt ſie der Verſöhnung, möchte ewig fern halten, die ſich haſſen. Aber das Leben ruht nicht, zu verſöhnen; was ſich haßt, jagt einander nach, ſich zu lieben, zu verſchmelzen. Der Friede wird geſchloſſen, das Kind wird geboren. Wie ſich im Menſchenleben die Liebe, die Vollendung des Lebens, unter den ſchönſten Erſcheinungen, den edelſten Formen zeigt, ſo wählt das chemiſche Leben für ſeine höchſte Blüthe das Lichtgewand und die Gluth der Flamme. Wir nennen dieſe höchſte Vollendung chemiſchen Lebens Verbrennung.

Wir benutzen dieſe Verbrennung täglich für unſre Zwecke, aber wir kümmern uns nicht darum, was in ihr vorgeht. Wir ſehen nur auf das, was wir durch das Verbrennen bewirken wollen: Vernichtung des brennbaren Stoffes, Wärme und Licht. Uns intereſſirt nicht der Kampf, in den die Stoffe geriſſen werden, nicht das geheimnißvolle Dunkel, das den Brennſtoff verſchlingt. Wir verbrennen Talg, Oel, Wachs, Spiritus, Holz, Kohlen aller Art; ob aber auch die andern Körper brennen, danach fragen wir ſie nicht. Und doch würden ſie uns antworten: auch wir ſehnen uns danach, zu brennen; gebt uns nur Nah-

Digitized by Google

rung, die wir in der Luft nicht finden, um unſern Hunger zu ſtillen!

Der herrliche Glanz der Flamme zog von jeher die Aufmerkſamkeit auf ſich. Man wurde gewahr, daß die Natur oft durch andere Mittel, als das Feuer, dieſelben Wirkungen wie die Verbrennung hervorbrachte, und man mußte daran denken, in allen dieſen äußeren verſchiedenen Wirkungen eine gemeinſame Kraft zu ſuchen. Doch bedurfte es ſchon eines gar ſcharfſinnigen und kühnen Geiſtes, um Verbrennung zu ſehen, wo keine Flamme, oft nicht einmal Wärme ihre Anweſenheit verkündigt. Aber ſelbſt mitten in einem flüſſigen Körper ein Verbrennung zu finden, dazu waren freilich die Vorbereitungen von Jahrhunderten erforderlich.

Der erſte und natürlichſte Gedanke war gewiß, das Feuer für ein Element, einen Grundſtoff der Dinge zu halten, der bei der Verbrennung entweicht. Die Alten ſprachen von einem Schwefel, der in allen brennbaren Körpern, ſelbſt den Metallen enthalten ſei, und wenn zu Anfang des vorigen Jahrhunderts Stahl einen unbekannten Brennſtoff, ein Phlogiſton aufſtellte, ſo gab er nur einen neuen Namen. Die Verbrennung blieb eine Zerſtörung. Man überſah die Wirkung der Luft. Da entdeckte man, daß der verbrannte Körper an Gewicht zunehme, während er durch den Verluſt eines unbekannten Feuerſtoffes doch hätte leichter werden müſſen. Die Verbrennung mußte alſo eine Zuſammenſetzung, nicht eine Trennung bewirkt

Digitized by Google

haben, ein neuer Stoff mußte von dem verbrennenden Körper aufgenommen sein. Lavoisier wies diesen Stoff in dem Sauerstoffe der Luft nach und gab damit der Verbrennung eine ganz andere allgemeinere Bedeutung. Sie wurde Verbindung der Körper mit Sauerstoff. Jetzt erkannte man sogar das Wasser als einen verbrannten Körper, da man in ihm den brennbarsten aller Stoffe, den Wasserstoff, vereint mit der Grundbedingung aller Verbrennung, dem Sauerstoffe, entdeckte.

Die Electricität verbreitete ein neues Licht über das Geheimniß des chemischen Processes der Verbrennung. Mand fand, daß alle Körper in electrischer Beziehung Gegensätze zu einander bilden, daß sie einer Reihe angehören, in der jedes Glied in Wechselwirkung mit allen nachfolgenden Körpern positive, mit allen vorhergehenden negative Electricität hervorruft. Aber diese Reihe entscheidet auch über ihre Brennbarkeit, der positivste ist der brennbarste, der negativste der am wenigsten brennbare Körper. Die Verbrennung ist also nur eine Vereinigung zweier Gegensätze, des positiven Wasserstoffs und des negativen Sauerstoffs. Die Flamme ist nur ein ununterbrochen erneuerter electrischer Funke. So lösen sich die geheimen Ursachen der Verbrennung und jedes chemischen Processes in Kräfte auf, deren Spiel wir beobachten können, deren Gleichgewicht wir in dem verbrannten Körper hergestellt sehen.

Digitized by Google

Das Band aber, welches die Körper vermöge dieſer Gegenſätze zu einander zieht, nennen wir chemiſche Verwandtſchaft.

Dieſe chemiſche Verwandtſchaft iſt es, welche wie die Lebenskraft oder die Seele im Organismus in der von uns todt geheißenen Materie alle Gegenſätze zu ewiger Einheit ausgleicht, den Austauſch regelt, die That weckt, den Stillſtand gebietet. Es gibt keinen Augenblick, keinen Raum, der nicht von ihrem Wirken ſpräche, keine Erſcheinung, die nicht durch ſie heraufbeſchworen, durch ſie beendet würde!

Die Kultur verwandelt die Sitten. So hat ſie eine Sitte verdrängt, welche an die Innigkeit des Familienlebens, an die ſtille Häuslichkeit geknüpft war, und die ſich mit ihr nur noch in wenigen vereinſamten Dörfern unſres Vaterlandes erhalten hat. Wenn ſonſt die Winterſtürme brauſten, und die Schneeflocken an die Fenſter ſchlugen, dann ſammelte ſich die Familie um die lodernde Flamme des Kamins und lauſchte behaglich den Mährchen und Erzählungen des Großvaters. Da war der Heerd noch der Altar des Hauſes, da war die Flamme noch das Sinnbild des Lebens, der Liebe. Die Kamine ſind den Oefen gewichen; das Familienleben iſt durch das öffentliche ver-

Digitized by Google

drängt. Aber noch immer ſpielt das Kind mit dem Feuer, ſchaut der ernſte Mann ſinnend in die Flamme, noch immer übt das Feuer im Bivouak oder im Walde den alten Zauber, die Zungen zu löſen, die Herzen zu öffnen, Fremde ſelbſt in trauliche Freunde zu verwandeln. Was die Alten nicht ahnten, wir wiſſen es jetzt: die Flamme iſt eine heilige Vermählungsfeier der Elemente.

Die ganze Erde ward im Feuer geſchaffen, und nie ruhte das chemiſche Leben der Natur, zu verbrennen, d. h. zu verbinden. Was wir um uns ſehen, iſt das Werk dieſer ununterbrochenen Kette von Verbindungen. Es mußte daher ſchon früh in dem forſchenden Menſchen das Streben erwachen, die Anfänge der Welt, die Keime alles Werdens, die einfachen Elemente aller Verbindungen zu erkennen. Bald war es nur Ein Urſtoff, bald mehrere, aus denen die Körper entſtanden ſein ſollten, und die 4 Elemente des Ariſtoteles, Feuer, Waſſer, Luft und Erde, haben ihr Anſehen ja zum Theil bis heute im Volke behauptet. Ariſtoteles wollte mit ſeinen Elementen nur gewiſſe Zuſtände der Materie, Grundeigenſchaften bezeichnen; in Stoffe verwandelte ſie erſt das Mittelalter, das ja ſogar in ſeinem 5ten Element, der Quinteſſenz, das er für die Geiſteswelt aufſtellte, ein geheimnißvolles materielles Weſen aufſuchte. Die heutige Wiſſenſchaft ſieht in den Elementen einfache Körper, die nicht mehr in Beſtandtheile zerlegt werden können. Sie hat deren

Digitized by Google

bereits 64 aufgefunden, stellt es aber der Zukunft anheim, ob es nicht feineren Hülfsmitteln gelingen werde, auch diese zu zerlegen und so ihre Zahl zu vermindern.

Die Elemente der Alten wurden, freilich später als ihre Götter, gestürzt; man zerlegte sie, und ihr Sturz ward der Anfang einer neuen Wissenschaft. Es mußte einen gewaltigen Eindruck machen und einen stürmischen Kampf der Geister, einen völligen Umschwung der Meinungen hervorrufen, als man Wasser und Luft, die offenbar das Gepräge der Einfachheit, der Ursprünglichkeit an sich tragen, als zusammengesetzte Stoffe, das eine sogar als Verbrennungsprodukt nachwies.

Die Nothwendigkeit der atmosphärischen Luft zur Unterhaltung der Athmung und Verbrennung wurde schon in frühen Zeiten erkannt; aber über die Art ihrer Wirkung herrschten bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts die abenteuerlichsten Ansichten. Die thierische Wärme galt bald als das Produkt einer Reibung des Blutes an den innern Wänden der Adern, bald als das einer Gährung oder einer mit Aufbrausen verbundenen Mischung sauren und alkalischen Blutes. Die Luft enthielt eine Menge von Salzen, besonders Salpeter, welche bald kühlend auf das Blut, bald befördernd auf die Verbrennung wirken sollten. Endlich erkannte man, daß beim Verbrennen wie beim Athmen ein Theil der Luft verschluckt wird, und daß die übrig bleibende verdorben, für Lungen und Flammen erstickend geworden ist. Priestley entdeckte so-

Digitized by Google

gar schon, daß die fixe Luft oder Kohlensäure, welche, durch das Athmen der Thiere erzeugt, die atmosphärische Luft zur Unterhaltung des Lebensprocesses untauglich macht, durch die Pflanzen wieder gereinigt, zum Athmen brauchbar gemacht wird. Er verbrannte Kohle in einem mit Wasser abgesperrten Glasgefäße und sah, daß die entstandene fixe Luft vom Kalkwasser gänzlich verschluckt wurde, daß aber dennoch die rückständige Luft weder das Leben noch die Flamme zu unterhalten fähig war. Noch ahnte er nicht, daß er zwei verschiedene Bestandtheile der Luft vor sich habe, deren einer durch die Verbrennung in fixe Luft umgewandelt wurde. Da gelang es ihm am 1. August 1774, durch Erhitzung des rothen Queckſilberoxydes ein Gas herzustellen, das vom Wasser nicht mehr verschluckt wurde und der Verbrennung eine außerordentliche Lebhaftigkeit verlieh. Er nannte es dephlogistisirte Luft, weil er glaubte, sie sei vom Phlogiston, jenem räthselhaften Brennstoffe befreit. Er hielt sie für einen Bestandtheil der atmosphärischen Luft, in welcher sie mit andrer phlogistisirter Luft gemengt sei.

Zu derselben Zeit machte Scheele dieselbe Entdeckung. Bei der Erhitzung des Braunsteins mit Schwefelsäure in einem offnen Tiegel hatte er bemerkt, daß Kohlenstaub, welcher zufällig hinzukam, mit blendendem Glanze verbrannte. Er sammelte jetzt das sich entwickelnde Gas, und nannte es Feuerluft, weil er darin den für die Verbrennung allein tauglichen

Beſtandtheil der atmoſphäriſchen Luft erkannte. Ueber das Weſen deſſelben hatte er freilich noch die ſeltſame Vorſtellung, daß es ein Theil der Wärme ſei, welche durch ſeine Verbindung mit dem Phlogiſton gebildet werde.

Lavoiſier war es, der die Zuſammenſetzung der Luft unzweifelhaft nachwies und der Welt verkündete, daß nicht die ganze atmoſphäriſche Luft zum Athmen tauglich ſei, ſondern nur der Beſtandtheil derſelben, welcher durch ſein Hinzutreten auch die Verkalkung der Metalle veranlaſſe, daß der andere Beſtandtheil aber, der faſt $^4/_5$ der Atmoſphäre ausmacht, weder das Athmen noch das Verbrennen unterhalte. Er nannte darum die eine Luftart Lebensluft, die andere Stickgas oder Azote. Er zeigte, daß dieſe Lebensluft beim Athmen in fixe Luft verwandelt werde, und daß dieſe Umwandlung die vorzüglichſte Quelle der thieriſchen Wärme ſei. So war er der Erſte, der die Aehnlichkeit der Athmung mit der Verbrennung behauptete. Aber auch zahlreiche andere Proceſſe führte er auf die gleiche Quelle, die Verbindung mit dieſer Lebensluft zurück. Er wies ſie als den gemeinſamen Beſtandtheil der Alkalien, Erden, Metallkalke und vorzüglich der Säuren nach und gab ihr darum den Namen Sauerſtoff oder Oxygène.

Kaum war die Luft zerlegt, ſo widerfuhr dem Waſſer, dieſem Urelemente, aus dem man ſelbſt durch Verwandlung Erden, Steine und Luft entſtehen ließ,

Digitized by Google

das gleiche Schicksal. Schon seit längerer Zeit hatte man bei der Auflösung von Metallen in Säuren ein leichtentzündliches Gas entdeckt, das man für den brennbaren Bestandtheil der Metalle, ja für das Phlogiston selbst hielt. Man beobachtete jetzt die Vorgänge bei der Verbrennung dieses Gases, und Cavendish fand im J. 1783, daß das Verbrennungsprodukt Wasser sei. Man nannte jetzt jenes brennbare Gas Wasserstoff oder Hydrogène. Für Lavoisier, dem die Verbrennung schon nichts Andres als Verbindung mit Sauerstoff war, wurde diese Entdeckung der Schlüssel zur Erklärung aller Erscheinungen, die bei der Auflösung von Metallen in Säuren stattfinden. Er erkannte sogleich, daß das Wasser eine Zusammensetzung von Wasserstoff und Sauerstoff ist, und daß bei der Lösung der Metalle in Säuren eine Zersetzung des Wassers vorgeht, dessen Sauerstoff sich mit dem Metalle verbindet, während der Wasserstoff entweicht. Nachdem er aber das Wasser künstlich durch Verbrennen des Wasserstoffs in Sauerstoff erzeugt hatte, versuchte er es auch zu zerlegen, und es gelang ihm dadurch, daß er den Wasserdampf über glühendes Eisen streichen ließ, mit dem sich der Sauerstoff des Wassers verband, während der Wasserstoff frei wurde.

So großartige Entdeckungen mußten eine gänzliche Umgestaltung der Wissenschaft herbeiführen. Was bisher für einfach galt, ward als zusammengesetzt, das Zusammengesetzte als Element erkannt. Die Erden,

Digitized by Google

die Alkalien wurden zerlegt, und man entdeckte in ihnen eigenthümliche Metalle; der Diamant selbst wurde verbrannt und als einfache Kohle, nur in der edleren Gestalt des Krystalls erwiesen.

Man erkannte auch bald, daß nicht alle Stoffe eine gleiche Neigung zeigten, sich mit Sauerstoff zu verbinden, zu verbrennen, daß viele Metalle besonders, die man darum edle nannte, in freier Luft hartnäckig allen Lockungen des Sauerstoffs widerstanden und ihre Reinheit behaupteten. Man versuchte es, sie zu zwingen, und brachte sie in reines Sauerstoffgas. Da enthüllte die Natur ihre herrlichsten Erscheinungen. Die schwache Flamme der Kohle, des Schwefels, des Phosphors verwandelte sich in den blendendsten Glanz, das Eisen verbrannte unter prächtigem Funkensprühen, und das königliche Gold selbst verwandelte sich in Asche.

Betrachten wir aber die Verbrennungsprodukte dieser Stoffe näher, so zeigen sich auffallende Unterschiede. Die Kohle ist gänzlich verschwunden. Da aber doch nichts in der Natur verloren geht, so müssen wir ihr Verbrennungsprodukt in der Luft suchen, die sich erzeugt hatte und von dem Wasser verschluckt ward. Es ist die längst unter dem Namen der fixen Luft bekannte Kohlensäure, die dem Wasser einen angenehmen säuerlichen Geschmack ertheilt. Schwefel und Phosphor haben sich in viel schärfere Säuren, die selbst das Metall angreifen, verwandelt. Das Eisen aber ist zu einem rothbraunen Pulver, dem Rost, verbrannt, der

Digitized by Google

nichts von jenen säuernden Eigenschaften zeigt. Alle solche Verbrennungsprodukte nennt man Oxyde, unterscheidet aber die ersteren als Säuren von den letzteren, die man Basen nennt. Beide aber bilden Gegensätze zu einander, die sie durch ihre Verbindung zu Salzen auszugleichen suchen.

Die Kraft der Verwandtschaft, welche alle diese Verbindungen, auch die Verbrennung bewirkt, war schon dem Alterthum bekannt. Aber man gründete sie auf den Satz des Hippocrates, daß nur Gleiches mit Gleichem sich verbinde, und suchte darum lange nach dem gemeinsamen Bestandtheile, welcher verwandten Körpern inwohne. Die Fortschritte, welche die Wissenschaft in der Kenntniß der Electricität gemacht hat, haben auch diesen Begriff umgekehrt und die Verwandtschaft geradezu auf den Gegensatz gegründet. Nur entgegengesetzte Stoffe verbinden sich mit einander, gleiche und ähnliche bleiben einander fern. Die äußersten Gegensätze zeigen sich darum in den Körpern vereinigt, die am schwersten zu einer Trennung bewogen werden konnten, in den Alkalien, den Erden und im Wasser. Jenes neu entdeckte Metall der Pottasche, das Kalium, zeigt eine so außerordentliche Verwandschaft zum Sauerstoff, daß es in freier Luft sehr schnell seine metallische Natur verliert und zu Kali wird, daß es dem Wasser sogar mit solcher Heftigkeit den Sauerstoff entzieht, daß die erzeugte Wärme den freiwerdenden Wasserstoff entzündet. Wie heftig noch die Neigung

des Wasserstoffs zum Sauerstoff ist, zeigt die furchtbare Explosion eines Gemisches beider Gase, wenn sie durch einen Funken entzündet, plötzlich durch die ganze Masse einander suchen, und ihr Produkt, das Wasser, nun durch die dabei erzeugte Hitze in Dampf verwandelt wird.

Wenn aber auch alle Stoffe, nach Sauerstoff hungrig, ihn beständig verzehren, so duldet doch die Natur nirgends ein Maß- und Gesetzloses. Auch diese Neigung beugt sie unter das Gesetz, beherrscht sie durch Zahlen. Wenn 4 Lth. Phosphor, gleichviel ob langsam oder schnell, im Sauerstoff oder in der Luft verbrannt werden, so erhält man immer 9 Loth Phosphorsäure, wenn 20 Lth. Eisen verrosten oder verbrennen, immer 28 Lth. Eisenoxyd. Jeder Stoff wird nur durch die gleiche Menge Sauerstoff gesättigt, der eine durch mehr, der andere durch weniger. Wenn aber auch die Umstände, besonders die Temperatur, den Appetit eines Stoffes verändern, erhöhen oder vermindern, so bleibt er auch dann an Zahlen und Verhältnisse gebunden. Er nimmt genau 2 oder 3 mal, $^1/_2$ oder $^1/_3$ mal so viel auf, bildet aber dann Verbindungen von ganz andrer Natur und andern Eigenschaften. So kennt Jeder den Hammerschlag; er enthält nur $^2/_3$ so viel Sauerstoff, als das rothe als caput mortuum bekannte Eisenoxyd. Jeder kennt aus ihrem stechenden Geruche die luftartige schweflige Säure, welche sich beim Verbrennen des Schwefels entwickelt; und er kennt

Digitized by Google

wohl auch die ſchwere ölige Flüſſigkeit der Schwefelſäure oder das Vitriolöl. Letzteres enthält ½ mal mehr Sauerſtoff, als die erſte. So hat die Natur überall, auch in der lodernden Flamme ein Geſetz, eine heiligende Form; überall ſchafft ſie aus wenigen Bedingungen zahlloſe Werke, aber immer aus gleichen das Gleiche.

Ohne Wärme würde alles Leben ſchwinden, die Erde eine bewegungsloſe Maſſe werden. Darum durfte dieſer Lebensquell nicht blos Eigenthum der Sonne ſein, darum mußte die Natur jedem Körper einen Theil dieſer Kraft zutheilen, die, in ihm ſchlummernd, nur geweckt zu werden braucht, um ihre wohlthätigen oder, wenn unbewacht, verderblichen Wirkungen zu äußern. Unerſchöpflich, wie der Gedanke des Forſchers, die Phantaſie des Dichters, entſtrömt dieſe Quelle den Körpern, hier als ſchwacher Funke, dort als Gluth, welche Städte in Schutt verwandelt. Der Zauber aber, welcher dieſe Quelle öffnet, iſt der chemiſche Proceß.

Die Wärme iſt nicht ein Stoff, der aus den Körpern entweicht oder von ihnen aufgeſogen wird, der wohl gar durch äußeren Druck aus ihnen herausgepreßt werden könnte. Man hatte zwar längſt bemerkt, daß mit jeder Wärmeerſcheinung auch eine Veränderung der Dichtigkeit und Form des Körpers, eine Ausdehnung und Zuſammenziehung verbunden iſt; aber man meinte immer die Urſache davon in dem Hinzutreten

Digitized by Google

oder Entweichen des Wärmestoffs zu finden, der die Theile des Körpers auseinander dränge oder einander nähere. Freilich mußte dieser Wärmestoff ein unwägbarer Stoff sein, weil er trotz der Vergrößerung des Umfanges nicht zugleich das Gewicht vermehrte. Man erkannte wohl auch die innige Beziehung, in welcher die Wärme zu dem chemischen Leben steht; aber man dachte sich eine chemische Verwandtschaftskraft in den Körpern thätig, welche sie auch zu diesem schwerlosen Wärmestoffe, diesem raumerfüllenden Nichts hinzöge. Auch die Electricität sah man glühende Wärme erzeugen, aber sie sollte nur die Fesseln lösen, in welchen die Materie die Wärme gefangen hielt. Daß diese Fessel, welche die Materie in die Form bannt, die Wärme selbst sein könne, ahnte man nicht. Lange dauerte es, ehe man sich entschließen konnte, diesen unmöglichen und undenkbaren Stoff aufzugeben, dessen Dasein die ununterbrochene Wärmeentwicklung durch Reibung, die Wärmestrahlung von Körpern, die kälter als ihre Umgebung oder im luftleeren Raume sich befinden, und fast alle Bewegungserscheinungen der Wärme offen Hohn sprechen.

Wie alle Erscheinungen nur durch die Bewegung empfunden werden, welche sie unsern Nerven mittheilen, so auch die Wärme. Sie erregt schwingende Wellen, wie der Schall und das Licht, und sie selbst ist die lebendige Kraft, welche die innere Bewegung der Theile hervorruft, den Stoff ausdehnt oder verdichtet, ihm die

Digitized by Google

Form erhält, oder im Kampfe ſiegend oder unterliegend ihre Grenzen erweitert oder verengt. Dieſe innere Bewegung ſelbſt beruht auf Gegenſätzen, die in dem Körper wohnen oder von außen durch andre Stoffe angeregt werden, und die Ausgleichung dieſer Gegenſätze nannten wir ja chemiſchen Proceß.

So iſt in der That jede chemiſche Verbindung von Wärmeerſcheinungen begleitet. Wie aber der Ton bei einer gewiſſen Stärke und Schnelligkeit der Luftſchwingungen vernehmbar wird, ſo entſteht bei erhöhter Temperatur Licht. Solche unter Feuer-, d. h. Wärme- und Lichterſcheinungen ſich ſchließende Verbindungen pflegen wir Verbrennung zu nennen. Wenngleich es in den meiſten Fällen der Verbrennung der Sauerſtoff iſt, mit welchem ſich die brennenden Körper verbinden, ſo zeigt ſich das Feuer doch auch in andern chemiſchen Proceſſen. Wie der Schwefel in der Luft, ſo verbrennt das Kupfer, wenn es im Schwefelgas erhitzt wird. Antimonpulver in Chlorgas geſchüttet gewährt das Schauſpiel des prachtvollſten Feuerregens, und ein in Terpentinöl getränktes Papier entzündet ſich im Chlor von ſelbſt, indem der Waſſerſtoff deſſelben mit dem Chlor zu Salzſäure verbrennt. Da aber der Zweck aller unſrer Verbrennungen im gewöhnlichen Leben die Erzeugung von Wärme oder Licht iſt, ſo iſt es natürlich, daß wir Brennſtoffe wählen, deren Flamme durch den überall vorhandnen Sauerſtoff der Luft genährt wird. Wir haben alſo einiges Recht dazu, die

Digitized by Google

Verbrennung als eine Verbindung mit Sauerſtoff, eine feurige Oxydation zu bezeichnen, ja wir hätten ſogar Grund zu noch engerer Begrenzung des Begriffs. So gleichgültig es erſcheint, wenn alle Stoffe brennen, welche wir gerade für unſre Verbrennungen wählen, wenn ſie nur recht wohlfeil und leicht zu erlangen ſind; ſo müſſen wir doch bedenken, daß nicht alle Stoffe Verwandtſchaft genug zum Sauerſtoff beſitzen, um ihn aus dem Gemiſche mit Stickſtoff, in dem er ſich in der Luft befindet, in genügender Menge zu erfaſſen, und daß wir nicht bei allen Stoffen im Stande ſind, ſie durch unſre Erwärmungsmittel in eine Temperatur zu verſetzen, daß ſie eine Flamme erzeugen und erhalten. Zwei Stoffe aber ſind es, die allgemein durch die ganze Natur verbreitet, von der Vorzeit in ungeheuren Maſſen aufgeſpeichert wurden und in der Gegenwart noch täglich durch das organiſche Leben bereitet werden, zwei Stoffe, die durch ihre große Verwandtſchaft zum Sauerſtoffe, wie durch die geringe Temperatur, deren ſie zur Entflammung bedürfen, gleich ausgezeichnet ſind. Dieſe beiden Stoffe ſind Kohlenſtoff und Waſſerſtoff, die beiden Grundbeſtandtheile aller unſrer Brennſtoffe, der Stein- und Braunkohlen, des Holzes, des Oels, Talges, Wachſes, der Harze, des Spiritus, der Leuchtgaſe. Für das praktiſche Leben iſt alſo Verbrennung geradezu Verbindung von Kohlenſtoff und Waſſerſtoff mit Sauerſtoff.

Digitized by Google

Wir wollen jetzt den Blick forſchend in das Feuer verſenken, ohne Furcht, daß ſein Glanz das ſtumpfe Auge blende. Zuvor aber müſſen wir es anzünden. Jede Bewegung, auch die innere chemiſche, bedarf der Anregung; die tönende Saite muß geſtrichen, das ſchwingende Pendel angeſtoßen, das Menſchenherz durch die Schläge des Schickſals aus ſeiner Trägheit geriſſen werden. Den Brennſtoff müſſen wir erhitzen, damit ſeine Verwandtſchaft zum Sauerſtoff wach und thätig werde. Iſt einmal der Proceß eingeleitet, dann ſetzt er ſich ſelbſt fort, denn die Verbrennung erzeugt eine viel höhere Wärme, als zur Entzündung nöthig war.

So reich hat die Wiſſenſchaft das Leben ausgeſtattet, daß wir dieſen Reichthum gar nicht gewahren. Wir greifen gedankenlos nach unſerm Feuerzeug, in jedem Augenblicke bereit, das himmliſche Feuer den Stoffen zu entzaubern, das der Prometheus der Sage den Göttern ſtehlen mußte, das zu erhalten, die Alten Tempel erbauten und Prieſterinnen zur Ueberwachung beſtellten. — Wir können uns nicht mehr vorſtellen, daß es je anders geweſen ſein könne; und doch wie lange und wie mühevoll mußte der Menſch kämpfen, um ſeinem Wohnſitze den furchtbaren Zuſtand der Finſterniß und Kälte fern zu halten, den nur die grauenvolle Phantaſie eines Byron malen konnte! Der Wilde reibt noch jetzt ſeine Stückchen trocknen Holzes an einander, um ſie zur Entzündung zu erhitzen. Aber verſetzen wir uns nur um 30 bis 40 Jahre zurück in

Digitized by Google

unſre eignen Haushaltungen! Da finden wir noch Stahl und Stein. Auch ſie ſchlug man gegen einander, wie der Wilde ſeine Hölzer, damit durch die Reibung die abſpringenden Stahlkügelchen erglühten und durch ihre Gluth die feinzertheilte Kohle des Zunders, d. h. verkohlter Leinwand, oder des Feuerſchwamms entzündeten. Stahl und Stein ſind aus unſern Haushaltungen entflohen und faſt nur noch in den Händen der Arbeiter. Statt ihrer führte die Chemie das Schnellfeuerzeug in unſre Küchen ein. Ein wie einfaches und verachtetes Ding iſt ein Schwefelholz, und doch welche Schätze der Wiſſenſchaft birgt es, welchen Geiſt erforderte es zur Erfindung! Die rothe Maſſe, welche den Schwefelüberzug am Ende des Holzes umgiebt, beſteht aus einem von Zinnober gefärbten Gemiſch von Schwefel und chlorſaurem Kali, einem Stoffe deſſen Eigenſchaften zuerſt von Pelletier 1789 entdeckt wurden. Tauchen wir dieſe Zündmaſſe in Schwefelſäure, ſo wird durch dieſe, die eine viel ſtärkere Verwandtſchaft zum Kali hat, die Chlorſäure ausgetrieben und zerſetzt, und durch dieſe Zerſetzung eine ſo große Hitze erzeugt, daß der Schwefel ſich entzündet, d. h. auf Koſten des aus der Säure freiwerdenden Sauerſtoffs verbrennt und endlich auch das Holz in Brand ſetzt. Wer hätte einen ſo verwickelten Vorgang, einen ſo regen Kampf der Stoffe in dieſer alltäglichen Erſcheinung vermuthet! Aber Mode und Wiſſenſchaft haben ja auch das Schwefelholz bereits verdrängt. Seit

Digitized by Google

faſt 20 Jahren hat Jedermann ſeine Streichzündhölzchen. Der viel leichter entzündliche Phosphor, welchen Brand ſtatt des geſuchten Goldes im Urin fand, iſt an die Stelle des Schwefels getreten. Dieſer iſt an unſern Streichhölzchen durch einen Gummiüberzug vor allzuſchneller und unzeitiger Entzündung geſchützt, wird aber durch eine Reibung leicht in Brand geſetzt, da er in dem Braunſtein und Salpeter, mit dem er gemiſcht iſt, einen ſauerſtoffreichen Körper findet, dem er ſo lange den zum Brennen erforderlichen Sauerſtoff entnehmen kann, bis die Gummirinde verbrannt, und dem Sauerſtoff der Luft der Zutritt geſtattet iſt. So ſehr iſt uns alſo bereits die Bereitung von Licht und Feuer erleichtert, daß wir nur noch eines Zuges der Hand bedürfen. Es fehlte zur Bequemlichkeit nur noch, daß wir einen Körper hätten, der ſich auf unſern Wink von ſelbſt entzündete. Warum ſollte die Wiſſenſchaft nicht auch dieſen Wunſch befriedigt haben? Sehen wir doch unſre Döbereiner'ſchen Platinfeuerzeuge an; wir öffnen nur den Hahn, und die Flamme ſtrömt hervor. Es iſt Waſſerſtoffgas, das in dieſer Flamme brennt. Im Cylinder b wird es durch die Einwirkung von verdünnter Schwefelſäure auf Zink und die damit verbundene Waſſerzerſetzung erzeugt,

beim Oeffnen des Hahnes d durch den Druck der äußern Flüssigkeit hervorgetrieben und strömt nun aus der feinen Spitze auf den Platinaschwamm in der Kapsel c. Wie fein zertheilte Kohle sich bisweilen von selbst entzündet, weil sie den Sauerstoff in sich aufsaugt, und so verdichtet, daß die dadurch erzeugte Wärme die schlummernde Verwandtschaft in ihr weckt, so geht es auch dem feinzertheilten Platin, nur daß es hier der Wasserstoff ist, der seiner Verwandtschaft zum Sauerstoffe bewußt wird und sie durch die Verbindung mit ihm zu Wasser befriedigt. Die Wärme, welche diese chemische Verbindung erregt, reicht hin, das Platin zum Glühen zu erhitzen und so das nachströmende Gas zu entflammen. Wie seltsam! Wir erzeugen in dieser Maschine Feuer durch Wasser, dadurch, daß wir das Wasser zuerst zersetzen und seine Bestandtheile wieder zu Wasser vereinigen.

Doch wie auch immer, durch Reibung, Schlag, chemische Zersetzung oder Verbindung, wir haben unser Feuer angezündet, wir müssen es nun auch zu erhalten suchen.

Diese Aufforderung erscheint fast überflüssig, da es sich ja von selbst versteht, daß wir für beständige Ersetzung des Brennmaterials sorgen müssen, wenn wir das Feuer erhalten wollen. Was verstehen wir aber unter Brennmaterial? Nicht wahr, Holz, Kohlen, Talg, Oel ꝛc.? Ist die Verbrennung aber eine Vermählung der Elemente, so ist es doch wohl die Kohle nicht al-

Digitized by Google

lein, die verbrennt; es muß noch ein andrer Körper das Recht haben, ein brennender genannt zu werden, und das iſt der Sauerſtoff. Wie die Waſſerſtoffflamme im Sauerſtoffgas, eben ſo gut brennt ja die Sauerſtoffflamme in einer Waſſerſtoffatmoſphäre. Aber auch dieſer zweite Brennſtoff, der Sauerſtoff, iſt überall in der Luft vorhanden, wir brauchen ihn der Flamme nicht erſt zuzuführen. Die einmal eingeleitete Verbindung beider Gegenſätze muß alſo fortgehen, da ja auch die Wärme nicht fehlt. Denn wenn die Wärme einmal gegeben iſt, warum ſollte ſie entweichen? Doch betrachten wir unſre Brennſtoffe näher! Sie brennen nicht in reinem Sauerſtoffgaſe, ſondern in einer Luft, die faſt zu $^3/_4$ aus dem nicht brennbaren Stickſtoff und einigen bereits verbrannten Körpern, Kohlenſäure, Waſſer ꝛc. beſteht. Unſre Brennmaterialien ſind eben ſo wenig reiner Kohlenſtoff, oder Waſſerſtoff, oder deren Verbindungen, ſondern enthalten ebenfalls ſchwerbrennbare oder gar verbrannte Stoffe, beſonders Erden, Waſſer und Salze. Alle dieſe Stoffe, ſelbſt die Unterlage und Umgebung, der Heerd, der Ofen, die Lampe wollen erwärmt werden, obgleich ſie nichts zur Verbrennung beitragen, und entziehen daher beſtändig der Flamme Wärme. Daher kann das Feuer wohl durch Erkältung verlöſchen, wenn der Wärmeverluſt die Wärmeerzeugung übertrifft, wie wir es ja an zerſtreuten Holzſtückchen oder Kohlen auf ſchnellleitendem Eiſenbleche ſehen. Aber noch mehr, auch an dem allver-

Digitized by Google

breiteten Sauerstoff kann in der nächsten Umgebung der Flamme Mangel eintreten, wenn er verzehrt oder durch den Stickstoff oder die Verbrennungsprodukte, Kohlensäure und Wasserdampf, oder selbst durch verflüchtigte und unverbrannte Kohle und Fette, den Rauch, ersetzt ist. Die Flamme erlischt ja, wenn wir sie mit einer Glasglocke bedecken. So ist also alle unsre Verbrennung wegen der Unvollkommenheit unsrer Brennmaterialien und unsrer Luft eine unvollständige und bedarf der künstlichen Verbesserung und Unterstützung.

Der wichtigste Uebelstand, der Mangel an feuernährendem Sauerstoff, wie man ihn oft bezeichnet, wird durch den Luftzug beseitigt, eine künstlich erzeugte Bewegung der Luft, durch welche stets frische, sauerstoffreiche Luft der Flamme zugeführt, die verbrannte Luft und der Rauch hinweggeleitet wird. Stellen wir einen Lampencylinder über eine Kerzenflamme, so daß von unten keine frische Luft eintreten kann, so erlischt das Licht. Legen wir aber ein Paar Holzstückchen unter, so brennt das Licht ruhig fort, und wir erkennen an dem Rauche eines ausgeblasenen Wachsstocks, den wir an die untere Oeffnung halten, daß hier ein Luftstrom eintritt, der die verbrannte und erhitzte und darum leichter gewordene und nach oben schnell entweichende Luft beständig durch die kältere und schwerere zu ersetzen strebt. Auch in freier Luft findet zwar schon eine solche Bewegung statt, weil sie die mit jeder Verbrennung verbundenen Wärmeunterschiede der Luft ver-

Digitized by Google

anlaſſen, und weil die Verbrennungsprodukte, Kohlenſäure und Waſſerdampf, luftförmige und flüchtige ſind. Aber dieſe erhitzte Luft breitet ſich allmälig nach allen Seiten hin aus, und wie langſam ihr Strömen iſt, beweiſt, daß wir die Hand ziemlich nahe über die freie Flamme halten können, ohne ſie zu verbrennen. Noch mehr beweiſt es der aufſteigende Rauch, der eben von unvollſtändig verbrannten Theilen herrührt. Durch den Cylinder der Lampen, durch den Schornſtein unſrer Feuerſtätten wird der heiße Luftſtrom zuſammengehalten, und je enger und höher ſie ſind, deſto heißer und ſchneller entweicht die Luft oben, deſto mehr kalte Luft ſtrömt unten dem Feuer zu. Starkes Zublaſen von Luft durch Blaſebälge, von den kleinen unſrer Küchen bis zu den gewaltigen, durch Mühlräder oder Dampf getriebenen Gebläſen der Schmelzhütten und Fabriken, kann die Schnelligkeit des Luftwechſels bis zu ſolchem Grade erhöht werden, daß der brennende Körper faſt mit ſo viel Sauerſtoff in Berührung kommt, als ob er in reinem verbrannt würde.

Bei der gewöhnlichen Lampenflamme kann die Verbrennung natürlich nur in der äußeren Hülle ſtattfinden, welche mit der Luft in Berührung kommt. Der dunkle Kern zeigt ſchon den Mangel der Verbrennung im Innern. Laſſen wir aber auch von innen Luft zu der Flamme treten, indem wir ihr durch einen cylindriſchen Docht die Ringform geben, ſo verräth das blendendere Licht auch die vollſtändigere Verbrennung des

Digitized by Google

Innern. Darum pflegt man in neuerer Zeit ſolche Lampen mit doppeltem Luftzuge anzuwenden, wie ſie die Abbildung zeigt. Aber noch glänzender, als bei dieſen Argand'ſchen Lampen, faſt dem Gaslicht gleich wird die Lichthelle bei den Benkler'ſchen dadurch, daß man über dem Docht ein durchbrochnes Metallblech c anbringt, welches durch einen kurzen Glascylinder a getragen wird und ſelbſt den langen engeren Cylinder trägt. Durch das erhitzte Metall wird hier die Verbrennung der Kohle in der Flamme vollendet, und indem die erhitzte Luft durch die enge Oeffnung des Bleches in den weiteren Raum des Cylinders tritt, bewirkt ſie einen äußerſt lebhaften Luftſtrom, welcher von innen und außen der Flamme eine völlig genügende Menge Sauerſtoff zuführt.

Um aber richtig die verſchiedenen Mittel zur Beſeitigung der Uebelſtände würdigen zu können, müſſen wir die inneren Vorgänge der unvollſtändigen Verbren-

Digitized by Google

nung ſelbſt ins Auge faſſen; wie der Arzt nur dann ein richtiges Urtheil über die Heilmittel gewinnt, wenn er die inneren Krankheitszuſtände erkannt hat. Denn mit einer krankhaften Erſcheinung haben wir es auch hier zu thun.

Das darf uns freilich nicht befremden; treffen wir doch im ganzen Leben, in der ganzen Natur auf Krankheiten, auf Unvollkommenheiten. Das Leben ſelbſt, ſein Kampf bringt ſie mit ſich. Wie wir eine Linie nur wahrnehmen durch ihre Punkte, ſo empfinden wir das Leben erſt durch den Schmerz, die Wahrheit erſt durch den Irrthum. Selbſt mit unſern höchſten Idealen geht es uns nicht anders, als mit der Verbrennung. Die Wirklichkeit bleibt hinter ihnen zurück, weil wir ſelbſt, und weil die Welt nicht rein iſt von Fremdartigem, von Todtem. Allerdings weiß auch die Idee, wie die Flamme, ſich ihren Strom zu ſchaffen, der die Herzen zu ihr heranzieht, daß ſie mit ihr verbrennen, d. h. ſich vermählen. Aber die Idee ſtirbt, erſtickt von ihren eignen Kindern, wenn ſie träge in ihr Flammenſpiel ſtarren und den reinigenden Strom nicht fördern und lenken. Nicht die Flamme kommt zu dem Sauerſtoff, nicht die Idee zu den Menſchen; ſie ſelbſt müſſen zu ihr eilen, oder zu ihr getrieben werden.

Es giebt in der Natur ein Geſetz, daß ſich das Einfache nur mit dem Einfachen, das Zuſammengeſetzte mit dem Zuſammengeſetzten verbinde. Gegenſätze

Digitized by Google

müſſen ja gleichartige ſein, wenn ihr Kampf das Werk des Friedens fördern ſoll. Die Säure würde in dem Salze einen Nebenbuhler finden, den es verdrängen müßte, da es ſeine Liebe zur Baſe nicht theilen mag und kann. So wird überall, wo ſich ein einfacher Stoff einem zuſammengeſetzten nähert, eine Zerſetzung hervorgerufen, und traurig entflieht der verlaſſene Stoff, wenn ihm nicht ein andrer naher Freund die Hand zu neuem Bunde reicht. Werft das Metall in eine Säure! Hoffnungslos regt ſich in ihm die Macht der Verwandtſchaft; ſie kann nicht befriedigt werden, ehe es nicht ſeine Natur der Säure würdig umgewandelt hat. Es ſieht ſich um nach dem vermittelnden Freunde, der ſich opfere, um ihm ſeinen Mangel zu erſetzen. Ach, in der Natur iſt dieſer Freund häufiger und bereiter zu finden, als im Menſchenleben, und dieſer Freund iſt das Waſſer. Freiwillig opfert es ſich und zerfällt in Waſſerſtoff und Sauerſtoff. Das Metall raubt ihm den letzteren, und dadurch zum Oxyd verwandelt, findet es kein Widerſtreben mehr in der verwandten Säure und vereinigt ſich mit ihr zum Salze.

Auch zu unſern Brennſtoffen, die wir als vielfach zuſammengeſetzte erkannt haben, tritt ein einfaches Element, der Sauerſtoff der Luft. Die Vermählung fordert auch hier eine Zerſetzung, ſie geht jedem unſrer Verbrennungsproceſſe voran. Aber ſelbſt wenn dieſe Zerſetzung geſchehen iſt, ſo daß Kohle und Waſſerſtoff einzeln verbrennen können, iſt der Vorgang nicht ein-

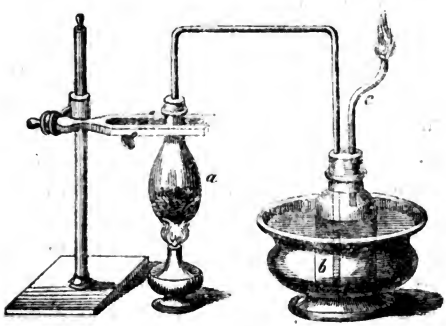
Digitized by Google

fach. Wir wiſſen ja, daß derſelbe Stoff ſich unter verſchiedenen Bedingungen in ganz verſchiedenen Verhältniſſen mit dem andern verbinden kann, und müſſen alſo erwarten, daß auch die Verbrennungsprodukte ganz andre ſein werden, je nach der Temperatur oder der Menge vorhandenen Sauerſtoffgaſes. Mancher meiner Leſer hat wohl ſchon den Verſuch gemacht, den Rauch eines ausgeblaſenen Lichtes wieder anzuzünden. In dieſem Rauche mußten alſo Luftarten vorhanden ſein, die noch brennbar, mithin noch nicht ganz verbrannte Theile des Talges waren. Er hat zugleich den unangenehmen Geruch empfunden, der ihm noch ſtärker beim Verbrennen der Haare auffiel. Vollſtändig verbrannte, d. h. in Kohlenſäure und Waſſer verwandelte Stoffe beſitzen aber nicht den geringſten Geruch. Der Weingeiſt wird bekanntlich leicht entzündet, und ſeine Flamme brennt ſchnell und geruchlos. Bringt man aber einen weißglühenden Platindraht in ein Glas, das von Weingeiſtdämpfen erfüllt iſt, ſo verräth ſowohl das Fortglühen des Drahtes, als der ſtechendſäuerliche Geruch, der ſich entwickelt, daß hier eine Verbrennung ohne Flamme, eine unvollſtändige Verbrennung vorgeht, die ganz eigenthümliche Verbindungen des Weingeiſtes mit dem Sauerſtoff hervorruft. Die Hitze des glühenden Drahtes reicht nicht hin, den Weingeiſt völlig zu verbrennen, während ſie Aether ſofort entzünden würde. So braucht jedes Brennmaterial einen beſtimmten Wärmegrad, um lebhaft zu verbrennen, d. h. ſeinen Hunger

Digitized by Google

nach Sauerſtoff ganz zu befriedigen. Bei geringerer Wärme nimmt es weniger Sauerſtoff auf und bleibt daher fähig, nochmals zu verbrennen.

Verhindern wir den beſtändigen Zufluß des Sauerſtoffes, ſo erreichen wir denſelben Zweck einer unvollſtändigen Verbrennung. So häufig uns dieſen Proceß, freilich unbewußt, das tägliche Leben vorführt, wollen wir ihn doch künſtlich im Kleinen darſtellen, um ſeine Vorgänge beſſer beobachten zu können. In einem Glasgefäße a erhitzen wir einige Holzſpänchen. Eine Glasröhre leitet die dabei ſich bildenden Luftarten in ein Gefäß b, welches von kaltem Waſſer umgeben iſt,



damit die Dämpfe, durch Kälte verdichtet, ſich als Flüſſigkeiten niederſchlagen können, während die nicht

Digitized by Google

zu verdichtenden Gase durch die Röhre c entweichen. Der Leser wird durch diese Einrichtung an einen in der Technik bekannten Vorgang, die Destillation erinnert werden, und in der That ist es eine solche, da ja auch hier durch Hitze Dämpfe bereitet und durch Kälte niedergeschlagen werden. Sehen wir nun zu, was aus dem Holze geworden ist. In dem Gefäße a ist Kohle zurückgeblieben, in b haben sich zwei Flüssigkeiten verdichtet, eine schwere, dickflüssige, klebrige, der Holztheer, der sich wie Harz nicht im Wasser auflöst, und darüber eine wässrige, dünnere, die sich durch ihren Geschmack als Säure zu erkennen giebt, der Holzessig. Aus der offnen Röhre endlich entwich ein Gas, das wir durch die Flamme entzünden konnten, ein Gemisch von unverbranntem Kohlenwasserstoff oder Leuchtgas, halbverbrannter Kohle oder Kohlenoxydgas und Kohlensäure.

Wir haben also zunächst die Kohle als Produkt einer unvollständigen Verbrennung gewonnen; sie ist zurückgeblieben, weil der flüchtige Wasserstoff leichter verbrennt als sie, die sich nie in Luft umwandeln läßt. Offenbar ist daher alle Kohle Produkt ähnlicher Vorgänge, der Ruß bei Lichtflammen, in Oefen, in Gasleitungsröhren, die Holzkohle der Schmiede, die Koaks der Steinkohlen und gewiß auch die Braun- und Steinkohle der Vorwelt selbst. Wer einen Kohlenmeiler gesehen hat, weiß, daß er unsern abgebildeten Apparat, nur in veränderter Form darstellt. Durch

Digitized by Google

eine Rasenhülle wird von dem aufgeschichteten Holzstoß die sauerstoffreiche Luft ferngehalten, und nur durch einige Löcher, die der Schürbaum stößt, der erhitzenden Flamme im Innern die zum Fortbrennen nöthige Luft zugeführt. Aehnlich mußte der Vorgang bei der Bildung unsrer vorweltlichen Kohlenschichten sein, nur daß statt des Flammenfeuers Verwesung und Fäulniß dabei thätig waren.

Daß wir Kohle bei einer Verbrennung erhalten, leuchtet wohl Jedem ein, da die Kohle schon immer als halbverbranntes Holz galt. Daß wir aber auch Holzessig und Theer unter den Verbrennungsprodukten suchen sollen, kommt Manchem seltsam vor, da er zu ihrer Bildung bisher wohl eigenthümliche Proeesse für nöthig hielt. Wir kennen den Holzessig gar wohl aus seinem Gebrauche und wissen, daß er das Fleisch vor der Fäulniß bewahrt, daß er ihm sogar in wenigen Stunden dieselben Eigenschaften ertheilt, die sonst durch monatlanges Aufhängen in Rauch erzielt wurden. Es liegt nun freilich nahe, daß Holzessig und Rauch diese Kraft nur durch den gleichen, in beiden in verschiednem Maaße vorhandenen Stoff erlangen konnten, und der Chemie ist es gelungen, diesen fleischerhaltenden Stoff, das Kreosot, aus beiden in seiner Reinheit abzusondern. Das Kreosot ist eine farblose, aber allmälig sich bräunende, ölige Flüssigkeit von stark brenzlichem Geruch und Geschmack, welche die zarte Haut der Zunge beizt und übrigens beim Genusse höchst giftig

Digitized by Google

wirkt. Wer dieſes Kreoſot mit Nelkenöl gemiſcht gegen Zahnweh, oder ſeine Auflöſung im Waſſer bei Verwundungen als blutſtillendes Mittel anwandte, ahnte wohl nicht, daß er denſelben Stoff vor ſich habe, der ihm ſein Rauchfleiſch bereitete, oder wegen deſſen er ſo oft den Rauch des Ofens oder des Tabaks verwünſchte, wenn er ihm die Augen zu Thränen reizte. In dem Rauche alſo und in dem ſich daraus abſetzenden Glanzruße der Schornſteine haben wir den Holzeſſig mit ſeinem Kreoſot zu ſuchen und um ſo mehr, je mehr die vollſtändige Verbrennung durch Feuchtigkeit oder mangelnden Luftzug gehindert wurde. In dieſem Glanzruße finden wir auch den Holztheer, der ſeine Eigenſchaft, das Holz gegen das Eindringen des Waſſers zu ſchützen, einem ſchwarzen Brandharz verdankt, das ſich nach Verflüchtigung der öligen Theile allmälig abſcheidet.

Endlich ſehen wir als Vollendung unſeres Verbrennungsproceſſes eine Flamme aufſteigen. Sie rührte von mehreren leicht brennbaren Luftarten her, während der Theer durch ſein Uebermaß von Kohlenſtoff und der Holzeſſig durch ſeinen Gehalt an Sauerſtoff ſich viel ſchwerer brennbar zeigen. Das Kohlenoxydgas iſt ja aus ſeinen erſtickenden Wirkungen im Kohlendampfe hinlänglich bekannt, und die blauen Flämmchen, die oft über der Gluth ſpielen, verrathen ſeine Verbrennung. Es entſteht immer, wenn Kohlen langſam glimmen und durch ein dünnes Aſchenhäutchen oder

Digitized by Google

durch ſchwachen Luftzug der Zutritt des Sauerſtoffes erſchwert wird. Die Grundbedingung aller leuchtenden Flammen aber iſt das verbrennende Kohlenwaſſerſtoff- oder Leuchtgas, das wir nicht blos künſtlich in unſern Gasanſtalten durch Deſtillation von Steinkohlen oder Oel, oder durch Vermiſchung von Terpenthin mit Weingeiſt, ſondern, ohne es zu wiſſen, bei jeder Verbrennung auf dem Heerde oder in unſern Lampen und Kerzen bereiten.

So ſehen wir durch bloße Erhitzung das Holz in die verſchiedenſten Stoffe, in Kohle und Leuchtgas, in Säuren, Oele, Harze und Waſſer zerfallen. Aber neben dieſen Stoffen entgehen unſern Sinnen noch zahlreiche andere, die nur chemiſcher Kunſt ſich verrathen, und durch ſie in immer neue umwandeln laſſen. Hier iſt die Mannigfaltigkeit der Natur ſo unerſchöpflich, wie in der Geſtaltung ihrer organiſchen Weſen. Jeder neue Brennſtoff giebt neue, wenn auch ähnliche Verbrennungsprodukte, und der Tabaksraucher wird bei der Deſtillation des Tabaks, die er in ſeiner Pfeife vornimmt, wohl theer- und eſſigähnliche Stoffe in der Flüſſigkeit des Abguſſes wie im Rauche erkennen, aber er wird ſie auch ebenſowohl von dem Theer und Eſſig des Holzes, der Steinkohlen oder der Braunkohlen unterſcheiden.

Die Kohle, die wir in der Erde aufgeſpeichert finden, und die wir täglich ſich im Pflanzenreiche bilden und ablagern ſehen, deutet darauf hin, daß hier

die Natur einen ähnlichen Proceß langſamer Verbrennung oder Deſtillation vor ſich gehen läßt, wie wir durch künſtliche Erhitzung bewirkten. Wir nannten dieſe Vorgänge in der Natur Verweſung und Fäulniß. Wie bei der Verbrennung muß auch hier eine Zerſetzung, eine Trennung der Beſtandtheile vorhergehen, damit in den Elementen die Verwandtſchaft zum Sauerſtoff erwache, und der Tod iſt es, der dieſe Trennung bewirkt und einleitet. Wie bei der Verbrennung verbinden ſich auch hier die Beſtandtheile des todten Holzes mit dem Sauerſtoff zu Waſſer und Kohlenſäure; wie dort entweicht auch hier der leichter brennbare Waſſerſtoff ſchneller als der Kohlenſtoff; wie dort bleibt auch hier eine kohlenſtoffreiche, dunkle Maſſe, der Humus zurück, der wie das halbverbrannte Holz ſich immer mehr und mehr zerſetzt, bis von der verweſten Pflanze nichts als ein Häufchen von Salzen und Erden, die Aſche, übrig bleibt. Wo aber bleiben hier die Verbrennungsprodukte, und welche Zwecke verbindet die Natur mit ihren Verbrennungsproceſſen, oder ſind ſie ihr nichts als Mittel zur Zerſtörung ihr läſtig gewordener, von ihr aus Ueberdruß getödteter Weſen? Ein Vorwurf, der den Menſchen ſo oft mit Recht trifft, wenn er die Wege ſeiner Kultur mit brennenden Wäldern, die Schauplätze ſeiner frommen und tapfern Thaten mit brennenden Dörfern und Städten bezeichnet, ein ſolcher Vorwurf der Zerſtörungsluſt kann die Natur nicht treffen. Sie zerſtört nur, um Leben zu

Digitized by Google

ſchaffen. Der Ackerboden verdankt ſeine Fruchtbarkeit der Verweſung und ihren Produkten; die Kohlenſäure und das Waſſer, in welche der Humus ſich verwandelt, werden von den jungen Pflanzen aufgeſogen, um in ihnen, von neuem zerſetzt, Beſtandtheile neuen Lebens zu werden.

So auffallend, wie die Aehnlichkeit der Verweſung mit der Verbrennung, iſt die der Fäulniß im Waſſer bei beſchränktem Luftzutritt mit der unvollſtändigen Verbrennung.

Wenn man mit einem Stocke in den Schlamm eines Teiches bohrt, ſo bemerkt man wohl bisweilen auch aufſteigende Luftbläschen. Wenn man dieſe in einer Flaſche auffinge, ſo würde man außer Kohlenſäure ein ähnliches Gas erhalten, wie das Leuchtgas bei der Verbrennung. Es iſt das Sumpfgas, das gleichfalls aus Kohlenſtoff und Waſſerſtoff beſteht, daher ebenfalls verbrennt, aber, weil es weniger Kohlenſtoff enthält, mit nicht ſo leuchtender Flamme als das Leuchtgas. Offenbar wurden auch dieſe Luftarten durch Zerſetzung der im Waſſer faulenden Pflanzen gebildet, deren feſtere, kohlenreichere Ueberreſte wir in dem ſchwarzen Schlamme der Teiche und im Torfe der Sümpfe zu ſuchen haben. Auch die Vorzeit ſah ihre Vegetation der Fäulniß verfallen, und Braun- und Steinkohlen ſind ihre Ueberreſte. Auch damals wurden reiche Moos- und Grasraſen mit üppigen Kräutern mit Blättern, Zweigen und Stämmen der Bäume von

Digitized by Google

Sand und Thonſchlamm begraben, und die neue Vegetation, die ſich über dem Grabe der alten erhob, erfuhr daſſelbe Schickſal. Im Laufe der Jahrtauſende bildeten ſich ſo die mächtigen Kohlenlager, die heute den Reichthum und den Stolz der menſchlichen Induſtrie begründen. Bei der Bildung der Braunkohlen war der Druck der aufliegenden Erdmaſſen gewöhnlich nicht ſtark genug, das Entweichen der luftartigen Zerſetzungsprodukte zu verhindern, und wir finden daher oft noch in ihnen das Holz mit ſeinen Jahresringen wohlerhalten. Wo aber gewaltige, oft viel tauſend Fuß dicke Erdſchichten über der Kohlenmaſſe laſteten, da wurden die Gaſe zurückgehalten in den zuſammengepreßten, verſteinten Kohlen, und der Kunſt des Menſchen iſt es nun aufbewahrt, Leuchtgas und Theer als ihre Produkte daraus zu gewinnen. Bisweilen aber kommt die Natur dem Menſchen zuvor, indem ſie ſelbſt durch ihre innere vulkaniſche Hitze eine Deſtillation der Steinkohlen veranlaßt. Wir ſehen dann brennende Gaſe den Spalten des Erdbodens entweichen, wie das heilige Feuer von Baku, wir ſehen Steinöl und Bergtheer hervorquellen, wie in Perſien, in Nordamerika und an andern Orten, ſehen natürliches Steinkohlenpech, den Aſphalt, ganze Erdſchichten bilden oder von den Wellen aus dem Grunde der Seen, wie des todten Meeres, heraufgeſpült werden. Wir finden endlich auch die Ueberreſte dieſer Deſtillation, die natürlichen Koaks, als Anthracit in den Tiefen der Erde.

Digitized by Google

So ſehen wir die unvollſtändige Verbrennung eine mächtige Rolle im Haushalt und in der Geſchichte der Natur ſpielen, bald von Verweſung, bald von Fäulniß, bald von vulkaniſchem Feuer angefacht und unterhalten. Wir wenden uns aber zurück zu der Flamme des häuslichen Heerdes, die für unſern Haushalt und unſre Geſchichte eine gleiche Bedeutung hat. Die Frauen insbeſondre rufe ich herbei zu dieſer Flamme, nicht allein, weil ſie in ihr den Mittelpunkt ihrer geſellſchaftlichen Beſtimmung, ſondern weil ſie in ihr auch das geiſtige Symbol ihrer Entwicklung, die zarte Knospe, die ſich zum reinen Lichtgewande der Unſchuld entfaltet, erblicken ſollen.

Wenn die Nacht ihre dunklen Schwingen über die Erde auszubreiten beginnt und eine zweifelhafte Dämmerung unſer Zimmer umfängt, dann legen wir wohl die Arbeit aus der Hand und überlaſſen uns dem Spiele der Phantaſie. Bald umgeben uns ihre geſpenſtigen Gebilde, zuerſt die trauten Geſtalten der Vergangenheit, die lockenden der Zukunft, dann geſellen ſich wohl auch zu ihnen die finſteren der Sorge und der Trauer. Allmälig beginnt uns unheimlich zu werden in dieſer Geſpenſterwelt. Da zerſtört die Hausfrau den Zauber, indem ſie ein Licht anzündet. Wir erwachen wie aus einem Traume, und munter belebt ſich das Geſpräch, oder mit friſcher Luſt greift Alles wieder zur Arbeit. In die erlöſende Flamme ſchauen wir aber nicht undankbar, wie der geheilte Kranke, der den Arzt

Digitized by Google

verleugnet. Wie die Knospe zur Flamme anſchwillt, iſt uns ſo unbekannt, wie das Entfalten der Frühlingsknospen. Aber der Pflanzenforſcher, dem ſich das Leben der Pflanze erſchloſſen hat, vergißt nicht das Auge auch auf die erſte Entwicklung des Lebens zu richten; und ſo wollen auch wir, nachdem wir das Leben der Flamme, die Verbrennung, kennen gelernt haben, ihrer erſten Entfaltung nicht fremd bleiben.

Das Brennen der Lichtflamme iſt ein chemiſcher Proceß, eine unter Einwirkung der Wärme vor ſich gehende Oxydation der Stoffe, in welche das Lichtmaterial durch Erhitzung zerlegt wird. Als Lichtmaterial benutzen wir beſonders verſchiedene, theils flüſſige, theils ſtarre Fettarten. Um ein Licht anzuzünden, müſſen wir die im Dochte befindlichen Fetttheile ſo ſtark erhitzen, daß ſie zerlegt, und ihre Zerſetzungsprodukte in den Stand geſetzt werden, ſich mit dem Sauerſtoff der atmoſphäriſchen Luft zu verbinden, d. h. zu verbrennen. Flüſſige Fette, Oele, ſteigen in den Lampen durch die Haarröhrchenanziehung (Capillarität) der Dochtfäden von ſelbſt in die Höhe; zur Entzündung des Kerzenlichtes dagegen bedarf es einer Schmelzung des den Docht an der Spitze umgebenden ſtarren Fettes, damit es wie flüſſiges Fett fähig werde, der Haarröhrchenanziehung zu folgen. Man pflegt daher eine neue Kerze, wenn man den hervorragenden Zopf des Dochtes angezündet hat, eine Zeit lang etwas geneigt zu halten, damit die Flamme das Köpfchen der Kerze

Digitized by Google

bedecke und ſchmelze, und ſo der Docht einmal befeuchtet werde. Wenn dann erſt die Verbrennung des Fettes begonnen hat, ſo erzeugt die entſtandene Flamme Wärme genug, um das Fett rings am Grunde des Dochtes zu ſchmelzen. Indeß erhält doch der entferntere Rand der Kerze etwas ſpäter, als die inneren Theile, von der Flamme die zur Schmelzung nöthige Wärme und bildet daher ein kleines Becken um den Docht, das von flüſſigem Fette erfüllt iſt. Jetzt ſind nun Lampe und Kerze gleich. Bei Beiden ſteigt Oel oder Fett von ſelbſt in den Haarröhrchen des Dochtes empor und unterhält die Flamme, die ununterbrochen fortbrennt, bis der Sauerſtoff der Umgebung verbraucht, oder die Fettmaſſe verzehrt iſt.

Die Zerſetzung des Fettes geht in der Lichtflamme in ganz ähnlicher Weiſe vor ſich, wie wir es ſchon bei der trocknen Deſtillation des Holzes ſahen. Alle Fette, die wir zur Beleuchtung benutzen, beſtehen aus verſchiedenen Verbindungen von Kohlenſtoff, Waſſerſtoff und Sauerſtoff, die man Stearin, Margarin, Elain und Olein genannt hat. Alle dieſe Stoffe enthalten aber wiederum außer einer beſtimmten Menge Waſſer das Glycerin, welches als Baſis mit einer fetten Säure, der Stearinſäure, Margarinſäure, Elainſäure oder Oleinſäure zu einem Salze verbunden iſt. Bei einer Erhitzung trennt ſich zuerſt das Glycerin von den Säuren und wird früher als die letzteren zerſtört. Beide aber zerfallen beim Verbrennen endlich in Waſ-

Digitized by Google

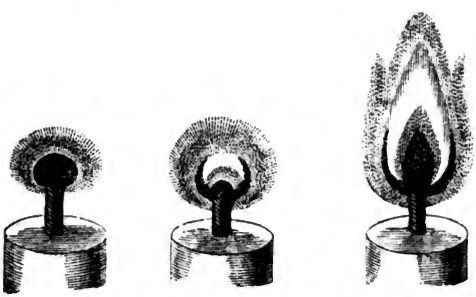
ſer, Waſſerſtoffgas, Leuchtgas, Kohle, Kohlenoxydgas, Kohlenſäure und unzerſetzte Fettſäure.

Wir wollen nun die allmälige Entwicklung der Flamme, wie ſie uns die Abbildung darſtellt, verfolgen. Sobald wir dem Dochte der Lampe oder Kerze eine Flamme nähern, beginnt die Zerſetzung des Fettes, das Glycerin wird zerſtört. Ein unangenehmer, brenzlicher Geruch der Dämpfe bei Entfernung der Zündflamme verkündet es uns. Das Glycerin wird in Kohlenoxydgas und Leuchtgas zerſetzt, und letzteres zerfällt wieder in Kohlenſtoff und Waſſerſtoff, welche, den Docht verlaſſend, ſofort mit dem Sauerſtoff der Luft eine Verbrennung eingehen. Ein blaues Kügelchen erſcheint ſchwebend auf der Spitze des Dochtes, und ein röthlich violetter Flammenſchein verbrennenden Kohlenoxydgaſes, Waſſerſtoffgaſes und Kohlenſtoffs umhüllt wie ein Schleier die dunkle Knospe, welche die unverbrannten Gaſe umſchließt. (Fig. 1.) Die plattrunde Geſtalt dieſes Gaskügelchens rührt daher, daß das leichtere Waſſerſtoffgas den oberen Theil des Kügelchens einnimmt und dort ſchnell verbrennt, während das ſchwerere Kohlenoxydgas und die Kohle mehr ſeitwärts ſtrömen und verbrennen.

Unter der ſteigenden Hitze ſchwillt die Flammenknospe an. Auch die fetten Säuren werden jetzt in der heißen Hülle des brennenden Waſſerſtoffgaſes wie in einer Retorte deſtillirt und zerſetzt. Wieder wird Leuchtgas gebildet, und wieder wird es, indem es auf-

Digitized by Google

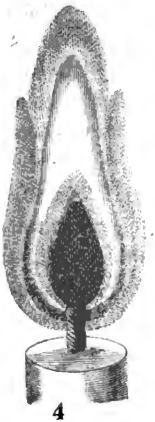
wärts steigend sich der heißen Sphäre des verbrennenden Wasserstoffgases nähert, in Kohlenstoff und Wasserstoffgas zerlegt. Letzteres eilt augenblicklich zur Verbrennung, während die schwereren Kohlentheilchen, nur durch den Strom des Wasserstoffgases in die Höhe gerissen, ehe sie an den äußersten Grenzen der Flamme verzehrt werden, auf ihrem Durchgange durch die Wasserstoffflamme mit blendend weißem Lichte erglühen, das uns, durch die röthlich violette Umgebung geschwächt, gelblich erscheint. Jetzt erscheint auf der Spitze der Knospe ein glänzend leuchtender Punkt, das blaue Kügelchen zerreißt und bildet nun die Hülle der aufblühenden Flamme. Wir sehen Fig. 2 diese aufbre-



1 2 3

chende Hülle mit ihrem dunklen Kern, welcher die Zersetzungsprodukte der fetten Säuren umschließt, ehe sie sich nach oben verflüchtigen. Die nächste Umgebung des Kernes bilden durch die Hitze des Schleiers

Digitized by Google



4

beſtändig getrennter Kohlenſtoff und Waſſerſtoffgas. Rings um ihn glüht mit blendendem Lichte der Kohlenſtoff in dem erhitzten Waſſerſtoffgaſe, das, durch die Hülle vom äußern Sauerſtoff abgeſchloſſen, nicht brennen kann, während erſt an der Spitze die Waſſerſtofflamme erſcheint.

Endlich ſehen wir Fig. 3 Hülle und Schleier, wie den Kelch einer Blume, völlig geöffnet. Sie bilden die äußere Flamme, aus der die innere als ſtumpfer Kegel hervorbricht. Wir ſehen wieder den dunkeln Gaskern, jetzt aber kegelförmig aufgeſchoſſen, weil die Gaſe ihrem Streben, ſich nach oben zu verflüchtigen, bereits mehr und mehr folgen. Denn noch immer enthält dieſer innere Gaskegel die unmittelbaren Zerſetzungsprodukte der fetten Säuren. Wie eine Mütze bedeckt ihn die Hülle der bereits in Kohlenſtoff und Waſſerſtoffgas getrennten Zerſetzungsprodukte, und der röthlich dunkle Schein ſchwachglühenden Kohlenſtoffs verräth uns die bereits bedeutende Hitze dieſer inneren Mütze. Ueber ihr erhebt ſich nun die äußere Flamme, in welcher Kohlenſtoff und Waſſerſtoff mit dem Sauerſtoff der Luft verbrennen. Der leuchtende Theil, die äußere Mütze, iſt eine große Waſſerſtofflamme, in

Digitized by Google

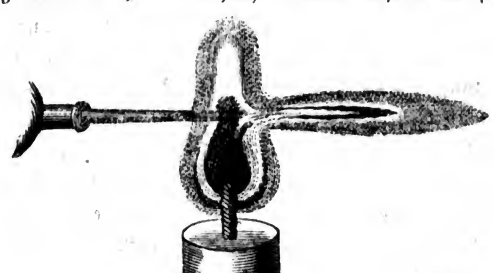
deren Mitte die Kohlentheilchen blendendweiß erglühen, um dann in dem äußeren Saum zu verbrennen. Der untere, durch die Hülle vom Zutritt der Luft abgeschlossene Rand der Mütze enthält nur stark glühendes Gas. Die Spitze der Flamme ist von einer schwach leuchtenden, röthlich violetten Hülle umgeben, weil in ihr der Kohlenstoff mit dem Wasserstoff zugleich verbrennt. Hier entwickelt sich daher die bedeutendste Hitze, wie bei dem ganz ähnlichen Schleier der innern Flamme, mit dem auch diese Hülle bei der höchsten Entwicklung der Flamme, wie sie Fig. 4 zeigt, ganz zusammenfließt.

Jetzt ist die Verbrennung des Fettes vollendet, und ihre letzten Produkte, Wasser und Kohlensäure, steigen luftförmig aus der Flamme empor. Wird aber dem Dochte zu viel Fett zur Zersetzung zugeführt, so geht ein Theil der Gase aus dem inneren Gaskegel durch die leuchtende Mütze als dunkler Strom hindurch und wird zwar hier endlich zersetzt, aber nicht völlig verbrannt. Die große Menge des entwickelten Wasserstoffgases hindert besonders die Kohle an der Verbrennung, so daß sie unverbrannt den kühleren Raum über der Flamme erreicht und als Ruß erscheint. Dieser kühlere Raum über der Flamme entsteht dadurch, daß die mit großer Heftigkeit aufsteigenden und sich zersetzenden Gase den Strom des brennenden Wasserstoffgases auseinander treiben.

Digitized by Google

Der Docht der Kerze oder Lampe glüht und verbrennt, wenn er in die Nähe des Schleiers oder der Lichtmütze kommt, ebenso wie die Kohle der Flamme. Da er aber kühler ist, als das erhitzte Gas seiner Umgebung, so setzt sich leicht an ihm der Kohlenstoff, wie an einem Drahte, den wir in die Flamme halten, ab und bildet die Schnuppe oder den Dieb, der die Flamme verdunkelt.

Die Hitze der Flamme wird durch die Verbrennung der Gase und der Kohle bedingt. Um sie zu erhöhen, pflegt man mit Hülfe eines Löthrohrs verdichtete Luft in die Flamme zu blasen, so daß die Verbrennung nicht mehr von außen allein, sondern zugleich von innen heraus geschieht. Die größte Hitze liegt dann in jenem röthlich-violetten Theile des seit-



5

wärts geblasenen Flammenkegels, in welchem zu dem verbrennenden Wasserstoff noch der durch den inneren Luftzudrang verbrennende Kohlenstoff tritt. (Fig. 5.)

Digitized by Google

Das Leuchten der Flamme hat seine Ursache in dem Glühen der Kohle. Aber auch andere glühende Körper können die Lebhaftigkeit des Lichtes erhöhen. Die brennende Wasserstoffflamme ist kaum sichtbar, aber sie wird zum blendenden Lichtglanz, wenn man sie auf einen Kalkcylinder strömen und diesen erglühen läßt. So brachte Gillard durch die Wasserstoffflamme ein sehr angenehmes und helles Licht hervor, indem er sie mit einem Netze feinen Platindrahtes umgab. So hat man in neuerer Zeit die Flamme des Wasserstoffs leuchtend gemacht, indem man das Gas durch Steinkohlentheer leitet, aus dem es die fehlende Kohle aufnimmt. Man hat ferner den Weingeist zum Leuchten fähig gemacht, indem man ihm Terpenthin, Kampfer oder andere kohlenreiche Stoffe zusetzte.

Wir sehen daraus, von welcher Bedeutung die Beschaffenheit des Leuchtmaterials, wie auch die Einrichtung unserer Lampen für den Haushalt sein muß. Bei aller Aehnlichkeit der stofflichen Zusammensetzung reicht ein geringer Unterschied hin, die Leuchtkraft wesentlich zu verändern. Andrerseits kann dasselbe Leuchtmaterial durch einen richtig geleiteten Luftzug einen völlig veränderten Werth erhalten. Wir werden uns davon am besten überzeugen, wenn wir die verschiedenen Leuchtmittel nach ihrer Leuchtkraft, nach ihren Verbrauchsmengen und nach ihrem Geldwerthe unter einander vergleichen. Außer den verschiedenen Kerzen, den Talg-, Stearin-, Wachs- und Paraffinkerzen,

Digitized by Google

werden wir dabei besonders unsre gebräuchlichsten Lampen zu berücksichtigen haben, also die gewöhnliche Küchenlampe ohne Cylinder, die bekannte, allmälig in die Rumpelkammer wandernde Studierlampe mit plattem Docht, die Müller'sche Stell- oder Schiebelampe mit der Sturzflasche, die Moderateurlampe, in welcher ein Uhrwerk den Zufluß des Oels regulirt, dann die Lampen, auf welchen statt des Oels die neueren flüssigen Leuchtstoffe, das Kamphin oder Pinasin, meist eine Mischung von Alkohol mit Terpentin, das flüchtige Photogen und endlich das neuerdings aus dem Schooße der Erde erbohrte Petroleum oder Erdöl verbrannt wird, dem in seinem Verhalten das aus Theer gewonnene Solaröl wesentlich gleich kommt. Zuletzt werden wir auch die Beleuchtung durch Leuchtgas nicht ganz übersehen dürfen. Vergleichen wir nun die Flamme dieser verschiedenen Kerzen und Lampen nach ihrer Lichtstärke mit einander, indem wir das Licht einer Stearinkerze, wie deren 6 auf ein Pfund gehen, zur Einheit nehmen, also = 1 setzen, so finden wir, daß die Lichtstärke einer gewöhnlichen Talgkerze nur etwa $^3/_4$ groß ist, die einer Petroleumlampe dagegen fast 4, die einer Moderateurlampe sogar 6 mal die Helligkeit der Stearinkerze übertrifft. Wenn wir ferner die Mengen des Leuchtstoffes beobachten, die in diesen Kerzen und Lampen im Laufe einer Stunde verbrennen, so werden wir gleichfalls sehr bedeutende Verschiedenheiten finden. Während von den Kerzen etwa $^1/_2$ Loth verbrennt, sehen wir in der Petroleumlampe etwa $^3/_4$ Loth, in

Digitized by Google

der Stelllampe 1 3/4 Loth, in der Moderateurlampe sogar 2 — 2 1/4 Loth des Brennstoffs verzehrt werden. Daraus werden wir dann auch die Lichtstärke dieser Kerzen und Flammen bei gleichen Verbrauchsmengen berechnen können. Wenn z. B. in der Moderateurlampe stündlich 2 Loth Oel verbrennen und dabei eine Lichtstärke entwickeln, welche die der Stearinkerze, von der aber nur 1/2 Loth stündlich verbrennt, 6 mal übertrifft, so wird die Flamme einer Moderateurlampe, die ebenfalls nur 1/2 Loth Oel stündlich verzehrt, die 1 1/2 fache Lichtstärke des Stearinlichts besitzen. Wir haben aber endlich auch die Preise dieser Beleuchtungsstoffe in Anschlag zu bringen, wie sie sich im gewöhnlichen Verkehr etwa stellen, indem wir also die Talgkerzen zu 6 Sgr., die Stearinkerzen zu 12, die Wachskerzen zu 19, die Paraffinkerzen (rein) zu 15 Sgr. das Pfund rechnen, wobei nämlich berücksichtigt ist, daß die zu 9—10 Sgr. verkauften Stearinkerzen-Packete gewöhnlich nur 24 Loth enthalten; indem wir ferner das Oel, das Photogen und Kamphin zu 5, das Petroleum zu 4 Sgr. das Pfund und das Leuchtgas zu dem Preise von 2 1/3 Rthl. für 1000 Kbkfß. annehmen. Berechnen wir daraus die Kosten des stündlichen Verbrauchs für die verschiedenen Flammen und daraus endlich die Kosten des Verbrauchs bei gleicher Lichtstärke, so wird eine Vergleichung uns wieder zu sehr interessanten Resultaten führen. Wir werden sehen, daß sich die Verbrauchskosten bei einem Talglicht stündlich auf etwa 1 1/3 Pfennig belaufen, daß sie aber

Digitized by Google

faſt 1 ¾ Pf. betragen würden, wollten wir durch Talgkerzen dieſelbe Helligkeit hervorbringen, wie durch Stearinkerzen, während wir nur etwa ¾ Pfennig für Oel aufzuwenden hätten, um durch eine Moderateur- oder Schiebelampe dieſelbe Beleuchtung zu bewirken. Am einfachſten werden ſich alle dieſe Verhältniſſe aus der folgenden Zuſammenſtellung erſehen laſſen.

Ueberſicht

der Leuchtkraft und der Koſten der Beleuchtungsmittel.

	Lichtſtärke.	Verbrauch an Leuchtſtoff in 1 Stunde.	Leuchtkraft bei gleichen Verbrauchsmengen.	Koſten des Leuchtmaterials in einer Stunde.	Koſten des Leuchtmaterials bei gleicher Lichtſtärke in der Stunde.
Stearinkerze 6 im Pfd.	1	0,54 Loth	1	2,6 Pf.	2,6 Pf.
Talgkerze 8 im Pfd.	0,74	0,5 —	0,8	1,2 —	1,7 —
Wachskerze 6 im Pfd.	1	0,57 —	0,95	4,3 —	4,3 —
Paraffinkerze 6 im Pfd.	1,1	0,47 —	1,26	2,8 —	2,5 —
Küchenlampe	0,46	0,47 —	0,9	0,94 —	20,4 —
Studierlampe mit plattem Docht	0,87	0,65 —	1,3	1,3 —	1,5 —
Stell- oder Schiebelampe mit Docht von 12 Lin.	5,12	1,75 —	1,57	3,5 —	0,68 —
Moderateurlampe mit Docht v. 14 Lin.	6,4	2,26 —	1,5	4,5 —	0,70 —
Dsgl. mit Docht von 10 Lin.	6	2,04 —	1,6	4,08 —	0,68 —
Dsgl. mit Docht von 7 Lin.	2,6	0,88 —	1,6	1,8 —	0,69 —
Photogenlampe mit plattem Docht von 10 Lin.	4,97	1,06 —	2,5	2,1 —	0,42 —
Kamphinlampe mit plattem Docht von 6 Lin.	2,72	0,69 —	2,1	1,4 —	0,51 —
Petroleumlampe	3,8	0,81 —	2,5	1,3 —	0,34 —
Leuchtgas	7,5	4,1 pr Kbſß.	—	3,4 —	0,45 —

Digitized by Google

Ein Blick auf die letzte Columne wird den Leser die interessante Thatsache lehren, daß alle gut construirten Oellampen, mögen sie Moderateur- oder Schiebelampen sein, breite oder schmale Dochte haben, das Licht zu dem gleichen Preise liefern. Nur die veraltete Studierlampe mit ihrem platten Docht und schlechtern Luftzuge macht eine Ausnahme und fordert mehr als den doppelten Preis für das gleiche Licht. Photogen und Kamphin liefern unleugbar ein billigeres Licht als das Oel, haben aber freilich dafür ihre großen Unannehmlichkeiten, weniger noch in dem übeln Geruch, als in der Gefahr ihrer Entzündlichkeit. Das raffinirte Petroleum, dem das Solaröl ziemlich gleich steht, ist ganz unzweifelhaft das zweckmäßigste aller Beleuchtungsmittel; es ist das billigste, die größte Helligkeit erzeugende und brennt überdies mit einer dem Tageslicht am nächsten kommenden weißen Flamme. Kerzen, selbst die schlechten Talgkerzen sind nur als Luxusbeleuchtung zu betrachten, da sie das Licht einer Petroleumlampe nur für den 5 bis 12fachen Preis gewähren. Freilich kommt die wahre Leistung auch hier nicht immer in Betracht. Wenn eine Moderateurlampe den Werth einer Kerzenflamme für $^7/_{10}$ Pfennige liefert, so fragt es sich, ob nicht Manchem diese Lampe doch zu theuer sein kann, gerade weil ihre Flamme ihm 6 Kerzenflammen auf einmal ersetzt, da er eben diese Lichtmenge nicht verwerthen will oder nicht zu verwerthen im Stande ist. Es genügt ihm vielleicht das Licht einer Kerzenflamme, oder er hat doch

Digitized by Google

mit dem von 2 — 3 genug. Aber auch dann wird er immer noch beſſer thun, zu einer Petroleumlampe als zu einer Studierlampe oder Talgkerze zu greifen, da dieſe ihm ſelbſt für denſelben Preis das Licht von wenigſtens 4 ſolchen Kerzen oder Lampen gewährt.

Wer alſo ohne Rückſicht auf Helligkeit nur möglichſt wohlfeil ſein Zimmer oder ſeinen Arbeitstiſch erleuchten will, der muß Talglichter, Studierlampen, am beſten Petroleumlampen, am wenigſten aber Wachslichter, Moderateurlampen oder ſelbſt Stelllampen brennen. Wer dagegen mit möglichſter Helligkeit möglichſte Billigkeit verbinden will, der thut wohl, Moderateur- oder Stelllampen, Gaslicht und wieder am zweckmäßigſten Petroleumlampen anzuwenden. Wachskerzen bleiben unter allen Umſtänden das unvortheilhafteſte Leuchtmittel, und nur Stearin- und Paraffinkerzen ſtehen ihnen in dieſer Beziehung nahe.

Wie ein freies kräftiges Wort, in der prophetiſchen Begeiſterung der Wahrheit empfunden und geſprochen, mitten in allgemeiner Finſterniß, Verzagtheit und Kraftloſigkeit ein ganzes Volk, ein ganzes Menſchengeſchlecht aus düſterem Sinnen und Träumen erwecken, zu Thaten, zu Leidenſchaften ſelbſt entflammen kann; ſo ſahen wir das Licht der entzündeten Kerze uns von dem bangen Geſpenſterſpuke der Phantaſie erlöſen. Welche geheimnißvolle Macht aber war es, die in je-

Digitized by Google

ner kleinen Flamme wohnte? Es war das Leben der Natur, das überall, wo es von Verwandtem empfunden wird, Leben zündet, wie ein Krystall tausend Krystalle, eine Welle tausend Wellen zaubert, ein Körnchen Hefe einen ganzen Maischbottig in Gährung versetzt. Es war das chemische Leben der Natur, jener Kampf der Elemente, der trotz aller glühenden Leidenschaft im Frieden endet und seine Triumphe im strahlenden Lichte feiert!

Wir schauten mit dem Auge des Forschers in die Flamme und sahen sich ihre Knospe vor uns entfalten und aufblühen. Da waren es zwei Erscheinungen, die vorzüglich unsere Aufmerksamkeit fesselten, die Verbrennung eines Gases und das Glühen fester Körper. Das Wasserstoffgas war das brennende Gas, in dessen heißer Umhüllung bei unserem Kerzen-, Lampen- und Gaslicht die Kohle, beim Drummond'schen der Kalk, beim Gillard'schen das Platin mit blendendem Glanze erglühte. Die Farbe der Flammen war der Zeuge und das Maaß dieser glühenden Stoffe. Das reine Wasserstoffgas giebt beim Verbrennen eine schwache, kaum sichtbare Flamme; erst fremde Körper führen sie aus dem Weißen in das Blaue, Rothe und Grüne. Die Kohle giebt ihr in hoher Temperatur ein schönes weißes Licht; wenn sie aber im Uebermaaß vorhanden ist, oder der erforderliche Sauerstoff fehlt, oder wenn die Wärme nicht hinreicht, die Kohle zum Weißglühen zu bringen, dann wird die Flamme blau oder mit zunehmender Schwäche

Digitized by Google

hellroth. Phosphor und Zink veranlaſſen eine weiße, Schwefel eine blaue, Kupfer eine grüne, Kochſalz eine gelbe, Strontian eine rothe Färbung der Flamme.

Während durch das Glühen dieſer Stoffe das Licht erzeugt wird, ſehen wir in der Verbrennung die Urſache der Wärme. Wenn uns alſo bei unſrer Beleuchtung die Wärme nur als Mittel zum Zweck, nämlich zur Lichterzeugung durch Glühen galt, wird uns bei der Heizung auf dem Heerde ſo gut, wie in Oefen und Hütten, die Wärme Selbſtzweck. Wieder ſind es jene beiden uns ſchon ſo werth gewordenen Stoffe, der Waſſerſtoff und der Kohlenſtoff, in denen uns die Natur die reichlichſten und die zweckmäßigſten Heizmaterialien liefert. Aber ſo wenig wie bei der Beleuchtung, benutzen wir ſie auch bei der Heitzung in ihrer Reinheit und Einfachheit, ſondern, wie ſie in der Natur vorkommen, in ihren verſchiedenen Verbindungen unter einander und mit anderen Elementen. Holz, Kohlen jeder Art, Braunkohlen, Steinkohlen, Koaks, Torf, bisweilen auch Oel, Weingeiſt und ſelbſt Kohlenwaſſerſtoffgaſe ſind unſre Heizmittel! Die Wärme, die ſie durch ihre Verbrennung erzeugen, laſſen wir durch die eiſernen oder thönernen Wände unſrer Oefen oder durch Töpfe, Tiegel und Keſſel auffangen und durch ſie hindurch in das zu erwärmende Zimmer ſtrahlen oder in die zu erhitzenden Flüſſigkeiten ableiten.

Daß dieſe Stoffe bei der Verſchiedenheit ihrer Zuſammenſetzung auch eine ganz verſchiedene Heizkraft

Digitized by Google

beſitzen müſſen, iſt wohl gewiß; es fragt ſich nur, ob ſich dieſe Heizkraft nicht der Berechnung unterwerfen laſſe, ob es nicht ein beſtimmtes Geſetz für die Wärmeentwicklung jedes Brennſtoffes gebe. Da wir nun die Wärme als das Produkt einer chemiſchen Thätigkeit erkannt haben, ſo muß auch ihre Menge durch dieſe gemeſſen werden. Daſſelbe Brennmaterial muß alſo dieſelbe Wärmemenge erzeugen, mag der Prozeß der Verbrennung langſam oder ſchnell erfolgen. Der Verbrennungsproceß war aber vorzugsweiſe eine Oxydation, d. h. eine Verbindung mit Sauerſtoff, und es ſcheint alſo, als müſſe die verzehrte Sauerſtoffmenge auch das Maaß für die entwickelte Wärmemenge abgeben. In der That hat ſich eine gewiſſe Geſetzmäßigkeit gezeigt, indem die gleiche Sauerſtoffmenge bei der Verbindung mit den verſchiedenſten Elementen nahezu die gleiche Wärme erzeugte; und es wäre alſo möglich, mit Hülfe dieſer Zahl aus der chemiſchen Zuſammenſetzung eines Körpers und ſeiner Verbrennungsprodukte auch ſeine Verbrennungswärme zu berechnen. Indeſſen hat ſich gezeigt, daß ein zuſammengeſetzter Brennſtoff ſtets weniger Wärme liefert als ſeine einzelnen Beſtandtheile. So unbeſtimmt uns alſo auch noch dieſe Geſetze erſcheinen, ſo geben ſie uns doch ſchon für unſre Heizung Lehren von großer Wichtigkeit. Wir wiſſen nun einerſeits, daß wir nur dafür zu ſorgen haben, daß unſre Brennſtoffe vollſtändig, nicht daß ſie ſchnell verbrennen. Wir wiſſen andrerſeits, daß wir

Digitized by Google

uns möglichſt einfacher Stoffe zweckmäßiger als der zuſammengeſetzten zu bedienen haben.

Aus ihren Wirkungen hat man die Wärmemenge, welche durch eine Verbrennung entſteht, gemeſſen, indem man unterſuchte, wie viel Waſſer durch gleiche Mengen verſchiedener verbrennender Körper bis zu einer beſtimmten Temperatur erhitzt werden kann. Die folgende Tabelle giebt dieſe Werthe für einige der wichtigſten brennbaren Stoffe.

Verbrannte Körper.	Pfund Waſſer, die durch 1 Pfd. des Brennſtoffs um 1° C erwärmt werden.
Waſſerſtoff	34690
Kohle	7290
Kohlenoxydgas	2470
Phosphor	4500
Schwefel	2600
Zink	1314
Sumpfgas	13350
Leuchtgas	12200
Alkoholdampf	6960
Aetherdampf	10040
Terpentinöldampf	11570
Talg	8370
Rüböl	9300
Baumöl	11200
Vollkomm. trocknes Holz	3600
Lufttrocknes Eichenholz	2970
Lufttrocknes Lindenholz	3480
Holzkohle	7500
Steinkohle	4575—7000
Coaks	6600
Torf	1200—3000
Torfkohlen	6300

Digitized by Google

Da es für die im gewöhnlichen Leben benutzten Brennmaterialien wünschenswerther ist, zu wissen, wie viel Wärme ein gewisses Raummaaß derselben, etwa ein Kubikfuß entwickelt, so lasse ich auch dafür einige Zahlen folgen. Bei der verschiedenen Beschaffenheit der Materialien an verschiedenen Orten können diese Werthe natürlich nur annähernde sein und müssen auch noch wegen der unvollkommenen Verbrennung in unsern Heizapparaten fast um die Hälfte vermindert werden.

Brennmaterial.		Anzahl der Kubikfuß Wasser, die durch 1 Kubikfuß des Brennmaterials von 0° bis zum Siedepunkt erhitzt werden können.
Steinkohlen		630
Trocknes Holz:	Nußbaum .	194
	Eichen .	171
	Eschen .	149
	Buchen .	140
	Ulmen .	112
	Birken .	102
	Fichten .	107
Holzkohlen:	Eichen . .	255
	Buchen . .	176
	Fichten . .	160
Coaks		230
Torf		90

Aus dem Obigen ersehen wir, daß die reichste aller Wärmequellen das verbrennende Wasserstoffgas ist, da es sogar unsre besten Steinkohlen noch um das 5fache übertrifft. In der That hat man es in dem Knallgasgebläse, in welchem es mit reinem Sauerstoff verbrennt, zur Erzeugung der größten Hitze, die sogar

Digitized by Google

Platin schmilzt, benutzt, und Gillard hat es sogar vor einiger Zeit zur Heitzung der Zimmer angewandt, indem er es gegen Hohlkugeln von Kupfer in Verbindung mit gewöhnlicher Luft strömen ließ. Unter allen andern Brennmaterialien steht aber die Steinkohle obenan, die sich durch ihre Dichtigkeit, wie durch ihren größeren Gehalt an Kohle vor der Braunkohle auszeichnet, welche oft 20—40 Proc. erdiger Bestandtheile enthält. In Stein- und Braunkohle hat das vorweltliche Leben der Natur uns einen reichen Schatz in den Tiefen der Erde hinterlassen, den wir durch alle unsre künstlich gepflegten, freilich eben so oft leichtsinnig verwüsteten Wälder nicht zu ersetzen vermöchten. Ihrer Heizkraft nach entspricht im Allgemeinen eine Klafter Holz 4½ Tonnen Steinkohle und 14 Tonnen Braunkohle. Bedenken wir nun, daß ein einziges Revier, wie das des Mansfelder und Saalkreises bei Halle, in neuester Zeit jährlich 138450 Tonnen Steinkohlen und über 4½ Millionen Tonnen Braunkohle fördert, so erhalten wir darin einen Ersatz für 366200 Klaftern Holz. Rechnen wir nun durchschnittlich den Ertrag eines Morgen des besten Waldbodens auf ½ Klafter, so entspricht das erwähnte Stein- und Braunkohlenlager einem Waldbestande von 732,400 Morgen oder 33 □Meilen, also ungefähr den gesammten gegenwärtigen Waldungen des Merseburger Regierungsbezirks. Rechnen wir dazu die weit ergiebigeren Steinkohlenlager anderer Gegenden Deutsch-

Digitized by Google

lands, Schlesiens, dessen Ertrag allein einem Walde entspricht, der den ganzen Boden der Provinz Sachsen bedecken würde, Westphalens, Böhmens u. s. w., die noch fast unbenutzten mächtigen Braunkohlenlager der großen norddeutschen Ebene bis zum Meere, so muß alle Besorgniß einstigen Mangels an Brennmaterial, selbst bei seiner oft leichtsinnigen Verschwendung und der in unseren Wäldern wüthenden Zerstörungslust, vor diesem reichen Erbe früherer Jahrtausende schwinden.

Wir haben nun in unseren Brennmaterialien Mittel kennen gelernt, um außerordentliche Hitzegrade herbeizuführen, und vermochten sie sogar durch künstlichen Luftzug noch zu steigern. Aber es geht uns hier, wie so oft im Leben. Wir wissen wohl das Feuer der Leidenschaft, die Gluthen der Liebe und des Hasses zu nähren und anzuschüren, aber wir bewahren uns nicht immer die Herrschaft über sie, können ihnen nicht ein Halt zurufen, wenn sie Gefahr drohen, und so verzehren sie oft das beste Mark unsres Herzens. Wenn den Kräften der Natur, der Gluth der Flamme nicht Stillstand geboten wird, so vernichtet sie zwar nicht unser edleres Selbst, aber doch unser irdisches Hab und Gut. Haben wir das Feuer entzündet, so müssen wir es auch wieder löschen. Die Mittel werden sich uns leicht darbieten, wenn wir jene Umstände beachten, die wir bisher als Hindernisse der vollkommenen Verbrennung zu beseitigen suchten. Es waren vornehmlich die schon verbrannten und unbrennbaren

Digitized by Google

Stoffe, der Stickstoff der Luft und die erdigen Bestandtheile der Brennmaterialien, welche theils durch Wärmeentziehung, theils durch Verhinderung des Luftzutritts die Verbrennung störten. Wir löschen also Schornsteinbrände, indem wir durch Verbrennen von Schwefel schwefligsaure Dämpfe, oder durch Verpuffung von Pulver Kohlensäure und Stickstoff erzeugen, in denen die Flamme keine Nahrung findet. Wir vermindern die Entzündlichkeit von Holz, Leinwand Papier, indem wir sie mit Alaun, Borax, Wasserglas u. s. w. tränken oder anstreichen, so daß der glasartige, unverbrennliche Ueberzug die Luft von ihnen abhält und eine völlige Verbrennung unmöglich macht. Wir wenden endlich Salzwasser in unsern Feuerspritzen an, damit es einen ähnlichen schützenden Ueberzug auf dem brennenden Körper bilde. Unser gewöhnliches Löschmittel ist indeß das Wasser, das bei seinem Uebergange in den dampfförmigen Zustand eine außerordentliche Menge Wärme bindet und dadurch dem brennenden Holze entzieht. Wenig Wasser jedoch mitten in heftige Gluth gegossen begünstigt nur die Verbrennung. Durch die glühende Kohle wird es zersetzt, und während sein Sauerstoff die Flamme nährt, verbrennt sein Wasserstoff und vermehrt die Hitze. Darum leitet man auch Wasserdämpfe in brennende Steinkohlen und Koaks, damit sie ihnen den fehlenden Wasserstoff ersetzen. Darum beseitigt selbst Wasserdampf das Rauchen der Oelflammen und erhöht ihre Hitze.

Digitized by Google

So ist die Flamme gelöscht, und wir sind am Ende. Da ist es uns wohl gestattet, einen Rückblick auf die ganze Verbrennung zu thun. Wir gingen aus von dem erwachenden Frühlingsleben der Natur und fanden einen andern ewigen Frühling, ein anderes, jeden Augenblick erwachendes Leben der Natur, gerade da, wo wir bisher nur Tod und Vernichtung gesehen hatten. Es war das chemische Leben, das mächtig schaffende und wandelnde, unter Licht- und Wärmeerscheinungen sich entfaltende und vollendende. Wir sahen, wie das Feuer bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts für einen Stoff galt, der aus dem verbrennenden Körper wie die Seele aus dem sterbenden Thiere entweiche. Als aber die Elemente der Alten zerstört, als Wasser und Luft in ihre Bestandtheile zerlegt waren, da sahen wir, wie man in der Verbrennung eine Verbindung von Stoffen, eine Versöhnung von Gegensätzen, einen chemischen Proceß erkannte. Wir verfolgten diesen Proceß von der Entzündung der Flamme bis zur Vollendung ihrer Produkte in allen seinen Unvollkommenheiten und Störungen, wie in seinen Beziehungen zum häuslichen Leben. Was wir fanden, war, wie überall in der Natur, Gesetz und Zahl. Die Stoffe verbinden sich mit einander, aber nicht nach Willkür, nur mit verwandten, nur mit ihren Gegensätzen, Elemente mit Elementen, Säuren mit Basen. Sie verbinden sich mit einander auch nicht in beliebigen Mengen, sondern nur in bestimm-

Digitized by Google

ten, unabänderlichen Verhältnissen, und selbst die Wärme, die sie erzeugen, ist durch die gleichen Zahlen bedingt. Endlich aber verbinden sich die Stoffe miteinander nicht in jedem Zustande; starre Körper bleiben einander gleichgültig, sie müssen flüssig werden, einander berühren, um in einander zu verschmelzen, um Wärme und Licht zu erzeugen. Nur im Flusse, nur in der Berührung wirken die Körper.

Neuseeländer und Lappen begrüßen einander, indem sie ihre Nasen gegen einander reiben; wir Deutsche bezeugen unsre Freundschaft durch kräftigen Handschlag; Liebende aller civilisirten Nationen besiegeln den Bund ihrer Herzen durch den Kuß. Das Eine ist so seltsam, so unbegreiflich, wie das Andre. Aber wenn wir in das Laboratorium des Chemikers kommen und sehen, wie die Säure das Metall schmilzt; wenn wir das Kabinet des Physikers betreten und sehen, wie aus der Berührung zweier Metallplatten ein Funke hervorspringt, und wie in weiter Entfernung noch die zuckende Magnetnadel erzählt von der Berührung jener Metalle; dann verstehen wir auch die menschliche Sitte. Wohl vermag zwei Freunde kein Raum zu scheiden; auch aus der Ferne zittern die Gedanken einander entgegen. Aber erst wenn die Hände sich fassen und die Lippen sich berühren, schmelzen die Seelen in einander, strahlt die Flamme der Liebe aus den lachenden Augen und kündet den ewigen Bund, den die Herzen geschlossen.

Digitized by Google

Zweites Kapitel.

Das Kochsalz.

Als man den Diener des großen Chemikers Berzelius einst fragte, was denn eigentlich die Chemie sei, die seinem Herrn so großen Ruhm erwerbe, gab er zur Antwort: „Zuerst muß ich allerlei Dinge in großen Flaschen holen, dann werden sie in kleinere Gefäße gefüllt und aus diesen wieder in ganz kleine Gläser gegossen, die endlich alle in einen Kübel geschüttet werden, den ich täglich hinaustrage und ausleere, — das ist die Chemie!“ Nicht besser fast urtheilt man noch heut zu Tage in manchen Kreisen über diese große Wissenschaft der Neuzeit. Man denkt dabei immer nur an Apotheke und Küche, an ein düsteres Laboratorium mit Retorten und Schmelztiegeln, und es fehlen nur Salamander und Todtenkopf, um die romantische Hexenküche des Schwarzkünstlers und Alchymisten fertig zu machen. Selbst wo die Begriffe allmälig klarer geworden sind, stellt man sich den Chemiker doch oft nur als einen Handlanger der Gewerbe und des Ackerbaues vor, und seine Zerstörungen des Lebens, sein Auflösen des Geistes in Stoffe erwecken Grauen. Wie tief die Chemie in Leben und Wissenschaft eingreift, ahnen Wenige.

Wie aber die Natur, ist auch ihre Wissenschaft nur eine. Ihr Ziel ist Aufsuchung des ewigen, in der sinnlichen Erscheinung sich offenbarenden Gedankens.

Digitized by Google

Grade die Chemie aber, die es mit den ſcheinbaren Wandlungen der Stoffe zu thun hat, die unter den Augen des Forſchers verſchwinden, um als ganz andre aufzuſtehen, gerade ſie wird am meiſten auf das Bleibende im Wechſel, auf das Ewige im Gegenſatz zur vergänglichen Form hingewieſen. Die Chemie iſt vorzugsweiſe Wiſſenſchaft der Materie, der umgeſchaffenen und unſterblichen.

So ſtolz ſich der Menſch in ſeiner Herrſchaft über die Natur auch dünken mag, ſeine Werke trotzen ihrer Macht nicht. Zwar bildet er ihre Felſen und Steine und Bäume zu Paläſten, Häuſern und Schiffen um; zwar verwendet er die Metalle aus dem Schooße der Erde zu Inſtrumenten ſeiner Kraft und ſchafft aus dem Sand und Thon ihrer Oberfläche Ornamente und Gegenſtände des Luxus. Aber nach wenigen Jahrzehnten beginnen ſeine Werke ſich zu verändern, nach wenigen Jahrhunderten verfallen ſie und werden Staub. Seine gewaltigen Tempel, ſeine Brücken, aus Granit und Eiſen gebildet, ſeine Wälle und Mauern und die herrlichen Monumente, durch welche er ſeinen Thaten Unſterblichkeit zu geben vermag — Alles wird nach und nach zerſtört. Was den Wogen des Weltmeeres und den Stürmen des Himmels widerſtanden, es erliegt den Wirkungen des Thaues, des Regens, des Froſtes und der Wärme. Wie der Wurm die Lineamente geiſtiger Schönheit zernagt, welche des Menſchen Kunſt und Wiſſenſchaft darſtellte, ſo ernähren ſich

Digitized by Google

Flechten und Mooſe von ſeinen Säulen und Pyramiden. Die Saamen von Bäumen keimen in den Riſſen der Mauern, und Epheu ſchlägt ſeine Wurzeln in die Trümmer. Inſekten untergraben den Grund der Rieſenbauten und Thiere aller Art ſchlagen ihre Wohnungen auf zwiſchen den ſtürzenden Sitzen irdiſcher Größe. Wohin gehen dieſe ſchwindenden Stoffe vermodernder Pflanzen und Thiere, verbrennenden Holzes, roſtender Metalle und verwitternder Steine? Der Chemiker forſcht ihnen nach und verliert nicht die Kerngeſtalt des ſich ewig wandelnden Proteus.

Dieſe Kenntniß der Ewigkeit in allen Stoffwandlungen verleiht dem Chemiker ſchöpferiſche Kraft. Der Bergmann ſteigt in den Schacht der Erde nieder und ſchafft todte Steinklumpen herauf; der Chemiker erſt verwandelt ſie in Schätze, die den Reichthum und das Glück der Völker begründen und zu Hebeln für geiſtige Bildung und Entwicklung werden. Wir wollen ihn in dieſer Arbeit kennen lernen, indem wir ihn durch die mannigfaltigen Arbeiten begleiten, durch welche er ein unſcheinbares Geſchenk des Erdenſchooßes zum koſtbarſten Gute macht, koſtbarer als die geſammten Edelſteine mit aller ihrer Herrlichkeit. Es iſt das Kochſalz, dem Mancher vielleicht nur in der Küche eine wichtige Rolle zuerkennen möchte, das uns aber bald auch in den wichtigſten Zweigen der Induſtrie, in der Soda- und Seifenfabrikation, in der Bleicherei

Digitized by Google

und Färberei und in der Glasfabrikation seine Bedeutung zeigen wird.

Wäre es aber auch nur die Küche, der das Salz angehörte, so dürfen wir nicht vergessen, daß in ihr der Ursprung aller Civilisation zu suchen ist, die mehr, als das künstliche Produkt scharfsinniger Arbeiten und Einrichtungen, das Erzeugniß des Bedürfnisses und seiner Veredlung ist. Das erkannten die alten Völker schon, denen es als Symbol der Fortdauer und Weisheit galt. Moses schon erwähnt es bei seinen Speiseopfern als wesentliche Zugabe und Plinius sagt, man könne die Lieblichkeit und höchste Fröhlichkeit des Lebens nicht schöner als durch den Namen des Salzes bezeichnen.

Folgen wir dem Bergmann zunächst in seine Gruben, aus denen er das Steinsalz in großen, fast durchsichtigen Würfeln, bald farblos, bald herrlich blau gefärbt, wie zu Hallstadt im Salzkammergut zu Tage fördert. Gewöhnlich ist es von Gyps, Anhydrit und Thon begleitet, bald in großen, ziemlich reinen Massen, bald in kleinen Parthien im Thone eingewachsen und muldenförmige Einsenkungen im Kalkstein- und Sandsteingebirge erfüllend. Das größte bekannte Salzlager findet sich in Galizien am Fuße der Karpathen bei Wieliczka und Bochnia, in einer Erstreckung von 100 Meilen in die Länge und 20 Meilen in die Breite bei einer Mächtigkeit bis zu 1200 Fuß. Eine einzige Grube, die Kammer Michalowic, hat hier allein

Digitized by Google

44 Jahre lang die Salzgewinnung beſchäftigt. Der ganze Bau von Wieliczka aber, in welchem man einen Weg von 86 deutſchen Meilen zurückzulegen hätte, wollte man alle ſeine Gruben, Stollen und Gänge durchwandern, beſchäftigt 800—900 Menſchen und liefert jährlich gegen eine Million Centner Steinſalz. In dieſem Salzberge befinden ſich Gruben, die großen Sälen gleichen, zum Theil mit Salzquadern ausgemauert und mit Altären und Statuen von Salz verziert. Schon ſeit der Mitte des 13. Jahrhunderts hat man hier Salz gebrochen, und die Sage erzählt, daß die fromme Gemahlin Boleslaus V. von Polen durch ihr Gebet im J. 1252 die Auffindung dieſer Salzwerke bewirkt habe. Das Wunder, deſſen dabei erwähnt wird, daß ein Ring, den die Fürſtin in Ungarn in einen Salzbrunnen geworfen hatte, in Bochnia in einem Stück Steinſalz wiedergefunden wurde, deutet darauf hin, daß man ſchon damals eine Ahnung von dem Zuſammenhange der großen Salzlager der Karpathen hatte.

Neue außerordentlich umfangreiche und mächtige Steinſalzlager ſind in den letzten zehn Jahren in dem Thüringiſchen und Magdeburg-Halberſtädter Becken bei Erfurt und bei Staßfurt aufgeſchloſſen worden. Das Staßfurter Steinſalzlager umfaßt mindeſtens einen Flächenraum von 25 Quadratmeilen und iſt durch ein Bohrloch bereits zu einer Mächtigkeit von 1000 Fuß aufgedeckt worden, ohne daß man damit ſeine untere

Digitized by Google

Grenze erreicht hätte. Aus den beiden preußiſchen Schächten, durch welche dieſes Lager ausgebeutet wird, ſind ſeit dem Beginn des Steinſalzbetriebes im Jahre 1857 bis zum Jahre 1864 bereits gegen 6 Millionen Kubikfuß anſtehende Salzmaſſen gewonnen worden, und die bergmänniſchen Strecken, welche das Lager durchfurchen, haben bei einer Breite von 27 bis 75 Fuß und einer Höhe von 27 Fuß zuſammen, bereits eine Länge von 8000 Fuß erreicht. Uebrigens iſt das Steinſalz dieſer Gruben von außerordentlicher Reinheit. Selbſt das rohe Salz enthält 94 ½ Proc. Kochſalz, kommt alſo dem gewöhnlichen Salinenſalz ſehr nahe. Das unter dem Namen „Kryſtallſalz" in den Handel kommende gereinigte Staßfurter Speiſeſalz enthält ſogar 99 Proc. Kochſalz neben nur 1 Proc. Anhydrit oder Gyps.

Die Gewinnung des Steinſalzes geſchieht in den galiziſchen Werken theils durch den Spitzhammer, theils durch Sprengung mit Pulver. Es wird in cylindriſchen Stücken von 3—5 Centnern, den ſogenannten Balvanen, oder in kleineren Quadern von 1—2 Centnern verſendet, während das feinere Salz von Bochnia in Tonnen von 2 ½—5 Centnern eingeſchlagen wird. In ähnlicher Weiſe wird das Steinſalz in den Erfurter und Staßfurter Werken durch bergmänniſche Arbeit gewonnen. Zu Cardona in Catalonien geht es ſogar zu Tage aus und wird als offner Steinbruch bearbeitet. Pöppig erzählt in ſeiner Reiſe nach Chile, Peru

Digitized by Google

und auf dem Amazonenſtrom von einer Bergwand, der Salina de Pilluana, die 200 Fuß ſenkrecht emporſtrebt und ihrem größten Theile nach aus Steinſalz-Pyramiden und Kegeln zuſammengeſetzt iſt, die in den Zwiſchenräumen mit groben Sandſteinbreccien ausgefüllt ſind. Das Salz erſcheint bald roth, bald blau, bald weiß gefärbt, bald völlig farblos. Hin und wieder zeigen ſich Maſſen auf ihren Spitzen ſtehend und jeden Augenblick den Umſturz drohend; dann ragen wieder breite dünne Scheiben aus den Wänden hervor, die an mürbes Eis erinnern, wie es auf den Oceanen der Polarregionen umhertreibt. Dabei iſt das Salz ſo hart, daß die Eingebornen Perus, die es theils zum Pöckeln von Wildpret und Fiſchen verwenden, womit ſie einen Handel nach den Anden treiben, theils unmittelbar als Tauſchmittel bis an die Braſilianiſche Grenze führen, ſich der Axt und Brechſtangen bedienen müſſen, um es zu zerkleinern.

In bergmänniſcher Weiſe wird auch das Steinſalz zu Northwich und Liverpool in England, zu Santa Fè de Bogota am Mexicaniſchen Meerbuſen und zu Kerman in Perſien gewonnen, an welchem letzteren Orte es ſogar zum Häuſerbau verwendet wird. Anders aber iſt die Gewinnung des Steinſalzes in Bergen, wo es in Streifen und keineren Parthien mit Thon und Gyps gemengt vorkommt, wie in den großen Salzburgiſchen Werken zu Hallein und Berchtesgaden, zu Iſchl, Hallſtadt und Auſſen im Salzkam-

Digitized by Google

mergut und zu Hall in Tyrol. Hier wird das Salz durch Auslaugen mit Waſſer gewonnen. In dem anſtehenden Alpenkalkſtein, in welchen dieſe Salzlager eingebettet ſind, werden große Kammern und Sinkwerke ausgehauen, in welche man Waſſer leitet. Dadurch wird das Salz aus den Wänden aufgelöſt, und die geſättigte Löſung, die Soole, welche 26 Proc. Salz enthält, in Siedepfannen geleitet und verſotten. Von welcher Größe dieſe Kammern oft ſind, geht daraus hervor, daß die daraus erhaltene Soole bisweilen gegen 150000 Centner Kochſalz liefert. Aus dem Dürrenberg bei Hallein, wie aus dem Salzberg von Berchtesgaden werden jährl. in dieſer Weiſe 5—600000 Cent. gewonnen.

Wie man hier künſtlich und oft unter außerordentlichen Schwierigkeiten Soolen erzeugt, ſo quellen natürliche Salzwaſſer an vielen Orten aus dem Erdboden hervor. Lange war man über ihren Urſprung im Unklaren, bis man durch Zufall in ihrer Nähe jene Steinſalzlager entdeckte, welche auf ein Mal ſalzarme Länder wie das ſüdliche Deutſchland und Frankreich, mit unermeßlichen Schätzen begabten. Jetzt iſt es kein Zweifel mehr, daß die Quellwaſſer mit ihren zahlloſen Wurzeln jene Salzgeſteine durchſtreichen und aus ihnen die aufgelöſten Stoffe zur Oberwelt führen. Viele dieſer natürlichen Soolen kommen durch ihren reichen Salzgehalt den künſtlichen nahe. Die Lüneburger Quelle enthält 25, die Reichenhaller 23, die

Digitized by Google

Halle'ſche und Schönebecker 13 Procent Salz. Die meiſten aber ſind ſo arm, daß es ſich nicht lohnt, ſie ſogleich zu verſieden. Deshalb ſucht man ihnen erſt das überflüſſige Waſſer zu entziehen, indem man ſie durch ſtarken Luftzug einer erhöhten Verdunſtung ausſetzt.

Daß der Luftzug die Verdunſtung beſchleunigt, iſt eine Erfahrung, die wir täglich in unſerem Leben machen können. Die Kälte, die wir empfinden, wenn wir uns mit naſſen Kleidern dem Winde ausſetzen, iſt ihre Folge. Die Hausfrau benutzt ſie, wenn ſie ihre feuchte Wäſche in die freie Luft hängt; und wenn wir den friſch geſchriebenen Brief durch die Luft ſchwenken, bewirken wir ſein Trocknen nur durch die ſchnellere Verdunſtung in den ſtets neu herantretenden Luftſchichten. In ganz ähnlicher Weiſe bewirkt man die Verdunſtung des Waſſers und die Concentrirung der Soole bei den Gradirwerken. Es kommt hier nur darauf an, die Flüſſigkeit in möglichſt vielfache Berührung mit der Luft zu bringen, und das geſchieht nicht beſſer, als wenn man ſie in Tropfen verwandelt, welche die größte Fläche bieten. Man pumpt daher das Salzwaſſer auf ein hohes mit Dornenreiſig ausgelegtes Gerüſt, das Gradirhaus, und läßt es von da langſam und tropfenweis durch die Dornen herabfallen. Indem es ſich auf den Zweigen ausbreitet und alſo der durchſtreichenden Luft eine große Oberfläche darbietet, verliert es einen beträchtlichen Theil des Waſſers durch ſchnelle Verdunſtung. Der Gyps, welchen alles natür-

Digitized by Google

liche Salzwasser, das auch Gypslager in den Erdschichten zu durchstreichen hat, enthält, sondert sich seiner schwereren Löslichkeit wegen zuerst ab und überzieht die Dornenzweige mit einer steinartigen Rinde, dem sogenannten Dornstein. Die concentrirte Soole wird endlich unter stetem Umrühren in großen Pfannen eingekocht, und das sich dabei ausscheidende kleinkörnige Salz abgeschöpft und getrocknet. Während des Abdampfens setzt sich am Boden der Pfanne eine feste Salzkruste, der Pfannenstein, ab, welche hauptsächlich aus Glaubersalz (schwefelsaurem Natron) und Gyps besteht und weiter zur Gewinnung von Glaubersalz benutzt wird. Die zurückbleibende dicke Flüssigkeit, die Mutterlauge, enthält endlich die in der Soole vorhandenen fremdartigen, leichtlöslichen Salze, Verbindungen von Chlor, Brom und Jod mit Kalk und Magnesia, und dient nur noch zu Bädern oder zur Darstellung des wichtigen Broms.

Wie die Quellen aus den Gesteinen der Erde das Salz heraufführen, so hat die Natur in der Vorzeit einen unerschöpflichen Schatz in den Meeren aufbewahrt. Das Meerwasser enthält durchschnittlich 3 Procent Kochsalz; und wenn man alle Meere bis zum Krystallisiren des Salzes verdunsten könnte, so würde dies ein Lager von 850 Fuß Dicke über den ganzen Meeresgrund bilden oder das Festland der Erde mit einer Salzschicht von 2500 Fuß Höhe überdecken. In der That muß in vielen salzarmen Ländern das Seesalz

Digitized by Google

trotz seines bitterlichen Geschmackes, den es durch Beimischung von Bittererdesalzen besitzt, die Stelle des besseren Stein- und Quellsalzes ersetzen. Man gewinnt es in heißen Gegenden, indem man das Wasser in flachen Teichen, den sogenannten Salzgärten, durch die Wärme der Sonne einem freiwilligen Verdunsten überläßt. In natürlicher Weise ist diese Salzbildung in manchen Ländern vor sich gegangen, die in dunkler Vorzeit Meeresboden waren und durch Hebung des Bodens oder durch Brüche schützender Erdwälle trocken gelegt wurden. In den weiten Steppen am kaspischen Meere und am Aralsee tritt beständig durch Ausblühung und Auswitterung des Bodens Salz hervor, und zu Dankali in Abyssinien ist 4 Tagereisen weit der Boden mit schneeigen, staudenförmigen Salzvegetationen bedeckt. An den Ufern des Sees Mingo in Texas scheidet sich das Salz als eine so feste und dicke Kruste ab, daß es in Blöcken gebrochen werden kann.

Aber nicht das Wasser allein, auch das Feuer vermag uns Salz zuzuführen. Obgleich das Kochsalz erst in der Weißglühhitze flüchtig wird, findet es sich doch auch in den Auswurfsstoffen unserer Vulkane. Die Klüfte und Spalten des Vesuv sind oft mit Salzanflügen bedeckt, deren Ausbeute für die ärmere Volksklasse eine Quelle des Erwerbs wird. Bei den Ausbrüchen des Hekla auf Island führte man oft ganze Wagen vulkanischen Salzes fort.

Digitized by Google

Aus Waſſer und Erdboden aber geht das Kochſalz in Pflanzen und Thiere über, und hier gewinnt es ſeine höchſte Bedeutung als unentbehrliche Lebensbedingung. Nicht Spiel des Zufalls oder Laune des Geſchmacks iſt es, daß das Salz in alle Küchen, in die des rohen Wilden, wie die des civiliſirten Europäers Zugang gefunden hat. Seine Rolle im Organismus hat die Natur vorgezeichnet, und Aufgabe der Wiſſenſchaft iſt es, ſie zu begreifen. Um aber das zu können, müſſen wir zuvor den Chemiker bei jenen Wandlungen begleiten, durch die er das Kochſalz hindurchführt, das ihm der Bergmann, die Saline oder das Meerwaſſer geliefert hat. Es iſt einer jener Verklärungsproceſſe der rohen Materie, in welchen die Wiſſenſchaft dem Wirken der Natur nachſchafft.

Die unentbehrlichſten und darum alltäglichſten Dinge beachten wir am wenigſten. Die Gewohnheit ſtumpft die Empfindung der Sinneseindrücke und damit auch die ſich daran knüpfende Gedankenthätigkeit ab. Nur das Seltene und Ungewohnte, oft nur durch äußeren Glanz und eitle Pracht in die Sinne Fallende reizt unſere Aufmerkſamkeit und unſer Nachdenken. Den funkelnden Diamant bewundern wir und faſſen ihn in Gold zum Schmuck für unſeren Körper, zum äußeren Zeichen unſerer Schönheit, unſeres Reich-

Digitized by Google

thums und unſerer Macht. Und doch iſt es gerade ſeine verachtete Zwillingsſchweſter, die Kohle, welche Wohlſtand und Glück der Völker begründet, das rußige Aſchenbrödel, das in Küchen, Werkſtätten und Fabriken für uns die Arbeit verrichtet. Wer in der menſchlichen Geſellſchaft nur zu nützen, nicht auch zu glänzen weiß, der ſuche ſich nur ſeinen Platz hinter dem Heerde.

Seit Menſchengedenken behauptet das Kochſalz ſein beſcheidenes Plätzchen auf dem Tiſche des Armen wie des Reichen. Gedankenlos ſehen wir es ſtehen, unbekümmert, welcher Zufall oder welches Bedürfniß es dahin wies. Wir fragen nicht, woher es ſtammt, aus welchem Lande oder welcher Erdentiefe, nicht, welche Kräfte thätig waren, es uns zu bereiten, noch welche Kräfte darin verborgen ſchlummern. Wir thun es an die Speiſen, weil wir wiſſen, daß es ſie ſchmackhaft macht. Aber der Geſchmack, den es auf unſerer Zunge erregt, könnte uns am erſten auf eine Eigenthümlichkeit ſeiner Natur aufmerkſam machen, die uns zum Schlüſſel für ſein Inneres werden könnte. Denn es verdankt ihn nur ſeiner Löslichkeit. Unlösliche Stoffe vermögen wir nicht zu ſchmecken, ihr Inneres bleibt den Nerven unſerer Zunge verſchloſſen. Wie ſich aber das Kochſalz in dem Speichel des Mundes oder in den Flüſſigkeiten der Speiſen löſt, ebenſo war es vorher im Waſſer aufgelöſt, aus dem es in der Pfanne der Saline kryſtalliſirte.

Digitized by Google

Gewiß haben wir schon oft feste Stoffe in Flüssigkeiten aufgelöst, ohne zu denken, daß dabei etwas anderes geschehe, als wenn wir einen Farbestoff mit Wasser mengten. Dennoch ist es so. Die Farbe setzte sich in der Ruhe wieder ab oder ließ sich durch Filtriren wieder von der Flüssigkeit trennen, das Salz nicht mehr. Es ist eine innige Verbindung mit dem Wasser eingegangen, ist mit ihm zu einem neuen Körper zusammengewachsen. Eine besondere Kraft war thätig, sie zu vereinen, die chemische Verwandtschaft, deren Walten wir hier zum ersten Male begegnen. Gleichwohl ist das Salz nicht in der Auflösung für immer verloren; nur dürfen wir nicht mechanische Mittel anwenden, um die Flüssigkeit abzuscheiden. Erwärmen wir dagegen die Auflösung, so verdunstet das Wasser allmälig, und das Salz scheidet sich in fester Gestalt wieder aus. Mit Erstaunen gewahren wir, daß sich dann dieselben regelmäßigen, kleinen durchsichtigen Salzwürfel wieder bilden, die wir dem Wasser zur Vernichtung übergaben; ein deutlicher Beweis, daß hier die unabänderliche Nothwendigkeit eines Gesetzes obwaltet, welches den festen Körpern bei ihrer Entstehung bestimmte Formen anweist. Wir nennen diese regelmäßigen Gestalten der Körper Krystalle. Sie bilden sich in den mannigfachsten Formen beim Festwerden jedes Stoffes. Selbst das Wasser, das Vorbild aller Flüssigkeit, zeigt sie in seiner Erstarrung als Eis, und die Schneeflocken, welche der rauhe Win-

Digitized by Google

terſturm uns ins Geſicht ſchlägt, ſind nichts als die ſternförmigen Gebilde ſolcher zarter Waſſerkryſtalle.

Die Flüſſigkeit iſt formlos; denn die kugelförmige Geſtalt des Tropfens iſt nur die Form des unbegrenzten, ſich ſelbſt überlaſſenen nur durch innere Kraft zuſammengehaltenen Stoffes. Nur der erſtarrte Körper, der eine Bewegung ſeiner Theile vorausſetzt, bedarf auch der beſtimmten Form, die ihn allſeitig gegen die beſchränkenden Einflüſſe von außen begrenzt. Dieſe Form aber, in welche eine geheimnißvolle Gewalt der Natur ihn zwingt, nimmt er nur an, wenn nichts die freie Bewegung ſeiner Theilchen hindert. Stören wir dieſe, indem wir die erwärmte Auflöſung während des Erkaltens umrühren, ſo erhalten wir ein feines Pulver, das allerdings gleichfalls aus höchſt zarten Kryſtallen beſteht, die nur nicht Zeit genug hatten, ſich zu vergrößern. Der Kandiszucker zeigt uns das Produkt einer ruhig erkaltenden Zuckerlöſung, der gewöhnliche Hutzucker das der geſtörten Kryſtalliſation.

Wenn die Kryſtallbildung ſehr ſchnell vor ſich geht, ſo erhält das Waſſer nicht Zeit genug, um vollſtändig zu entweichen; und kleine Mengen deſſelben werden mechaniſch in den Kryſtall eingeſchloſſen. Erhitzen wir daher ein wenig Kochſalz auf einem Bleche, ſo dehnt ſich das im Innern der Kryſtalle zurückgebliebene Waſſer aus und ſprengt ſie auseinander. Das Salz beginnt lebhaft zu kniſtern und wird zum Theil

Digitized by Google

weggeſchleudert. Aber nicht blos mechaniſch einzuſchließen, auch chemiſch das Waſſer zu binden vermag das Kochſalz in ſeiner Kryſtalliſation. Wenn wir eine Salzlöſung bei ſtrenger Winterkälte ins Freie ſtellen, ſo erzeugen ſich darin durchſichtige, nicht würfel-, ſondern ſäulenförmige Kryſtalle, welche über $^1/_3$ Waſſer enthalten. Aber die Wärme der Hand reicht ſchon hin, die lockeren chemiſchen Verwandtſchaftsbande zwiſchen Waſſer und Kochſalz zu zerreißen. Die Kryſtalle werden ſchnell trüb und zergehen zu einem Brei, in welchem man wieder zahlloſe kleine Würfel wahrnimmt. So bedeutend iſt der Einfluß der Wärme auf die Verwandtſchaft der Stoffe. Noch überraſchender aber iſt der Einfluß des Waſſers auf die Kryſtallform der Stoffe. Durch den Waſſergehalt iſt das Kochſalz in Wahrheit ein anderer Körper geworden; ſeine Würfel ſind in Säulen verwandelt. Manche Stoffe verdanken dem Kryſtallwaſſer allein ihre Formen. Glauberſalz verwittert in der Wärme, es verliert ſeine Durchſichtigkeit und zerfällt zu einem weißen Pulver. Mit dem Entweichen des Waſſers iſt die Kryſtallform und die Durchſichtigkeit verſchwunden.

Wir haben nun das Kochſalz in ſeiner natürlichen Geſtalt und urſprünglichen Reinheit aus der Auflöſung, in der wir es verloren glaubten, wieder gewonnen. Aber nichts vermag, ſo ſcheint es, jetzt noch eine Aenderung in dieſem Salze hervorzubringen. Wenn wir es auch der größten Hitze ausſetzten, um es zu

zerſtören, es würde ſchmelzen, es würde ſich in der Weißglühhitze endlich verflüchtigen; aber beim Erkalten würde es doch wieder zu ſeinen Kryſtallen erſtarren, würde es doch wieder daſſelbe Kochſalz ſein. Wenn wir es auch auf das feinſte zertheilten und dann durch das Mikroſkop betrachteten, wir würden immer wieder dieſelben Salzwürfel gewahren. So ſcheinen wir denn an einem Punkte angelangt zu ſein, wo der menſchlichen Forſchung die Grenze geſteckt iſt, wo die Natur ſich weigert, den geheimnißvollen Schleier zu lichten, der ihr Inneres dem profanen Blicke verbirgt. Und doch haben wir noch ſo wichtige Fragen auf dem Herzen. Wer wird ſie beantworten, da die Natur ſelbſt hartnäckig ſchweigt?

Aber gerade jetzt, wo alle Mittel erſchöpft ſcheinen, den Körper zum Sprechen zu bringen, ſieht der Chemiker ſeine Zeit zum Handeln gekommen. Die Voruntersuchung iſt beendet, der peinliche Proceß beginnt. Mit ganz andern eindringlicheren Mitteln ſchreitet der Chemiker gegen den zu unterſuchenden Körper vor, und keines ſcheut er, um den Schweigſamen zum Geſtändniß zu bringen. Unrettbar, wie einſt die unglücklichen Opfer der ſpaniſchen Inquiſition, iſt der Körper unter den Händen des Chemikers verloren; er iſt vernichtet in dem Augenblicke, wo er den Unterſuchungsmitteln erliegt. Das Ziel, worauf der Chemiker ſeine Thätigkeit richtet, iſt zu erfahren, ob in dem gegebenen Körper verſchiedene Arten von Stoffen

Digitized by Google

enthalten seien. Man nennt dies Verfahren die chemische Analyse. Es endet mit der Auffindung der unzerlegbaren Grundstoffe oder Elemente, welche allen Angriffen des Chemikers beharrlich widerstehen.

Die gefährlichsten aller Torturmittel sind die Säuren. Wollen wir daher das Kochsalz zum Sprechen bringen, so können wir ihm deren Anwendung nicht ersparen. Wir überschütten einige Salzkrystalle mit einigen Tropfen Schwefelsäure. Es erfolgt augenblicklich ein starkes Brausen, und zahlreiche Luftbläschen steigen auf, die zu erkennen geben, daß die Krystalle sie in sich verschlossen hielten. Zugleich löst sich das Kochsalz in der Säure auf und ist nach einiger Zeit gänzlich verschwunden.

Wie der Untersuchungsrichter aber keinen Laut, keine Miene seines Inquisiten außer Acht läßt, so dürfen wir auch von unserm Kochsalz, so lange die Untersuchung schwebt, keine Veränderung, kein entweichendes Luftbläschen aus dem Auge verlieren. Jene Luft aber, welche wir sich entwickeln sehen, zeigt sogleich einen ganz eigenthümlichen Charakter durch stechenden Geruch, sauren Geschmack und die Eigenschaft, gewisse blaue Pflanzenfarben roth zu färben. Wir müssen sie daher auffangen und festhalten, um sie näher zu untersuchen. Zu diesem Zwecke nehmen wir den ganzen Proceß noch einmal in einem verschlossenen Glasfläschchen vor und leiten die entwickelte Luft durch ein Glasrohr in ein anderes mit Wasser abgesperrtes

Digitized by Google

Gefäß. Doch siehe, die stechende Luftart ist jetzt verschwunden, und statt ihrer hat das Wasser einen sauren Geschmack angenommen. Das Wasser hat also das Gas völlig verschluckt, und diese Auflösung des sauren Gases im Wasser nennen wir nun Salzsäure.

Salzsaures Gas also war in dem Kochsalz enthalten. Das genügt uns aber noch nicht. Wir müssen auch die Salzsäure mit unsern Fragen bestürmen, damit nichts uns verschwiegen bleibe; wir dürfen in unserer Untersuchung nicht rasten, ehe uns nicht jede Antwort versagt bleibt. Metalle und ihre Oxyde, die wir mit der Salzsäure zusammenbringen, vermögen ihr nichts zu entlocken, sie lösen sich in ihr auf, d. h. verbinden sich mit ihr. Es gibt aber gewisse Metalloxyde, die mehr Sauerstoff enthalten, als sie zu ihrer Verbindung mit Säuren bedürfen, und diesen Ueberfluß daher zuvor abgeben müssen. Man nennt sie Superoxyde oder Ueberoxyde. Ein solches Superoxyd des Manganmetalls ist der Braunstein. Wir wählen diesen, um die Einwirkung des überschüssigen Sauerstoffs auf die Salzsäure zu prüfen.

Indem wir eine Mischung von Salzsäure und Braunstein langsam in einem Fläschchen erhitzen, um die Verwandtschaft beider Stoffe zu erhöhen, sehen wir ein gelbgrünes Gas entweichen, das wir vermittelst einer Glasröhre in einem anderen Gefäße auffangen. Es ist das Chlor, ein giftiges Gas, das wir nicht zu athmen vermögen, das uns zu ersticken droht, das

Digitized by Google

aber von außerordentlicher Wichtigkeit für den Chemiker, wie für den Gewerbtreibenden durch ſeine Fähigkeit wird, ſich mit allen Elementen ohne Ausnahme zu verbinden. Der überflüſſige Sauerſtoff des Braunſteins hatte ſich mit einem Beſtandtheile der Salzſäure, dem Waſſerſtoff, zu Waſſer verbunden und dadurch den anderen, das Chlor, freigemacht.

Das ſalzſaure Gas war alſo eine Verbindung von Chlor und Waſſerſtoff. Davon überzeugt uns ſogleich eine neue Erſcheinung, die unmittelbare Bildung von Salzſäure aus beiden Elementen unter dem Einfluſſe des Lichts. Stellen wir ein Gläschen mit Chlorwaſſer, einer Auflöſung von Chlor in Waſſer, an einen dunklen Ort, ſo bleibt es unverändert. Wird es aber dem Sonnenlicht ausgeſetzt, ſo ſammelt ſich bald in dem oberen Theile eine Luftart an, die ſich durch die Eigenſchaft, einen glimmenden Holzſpan zu entzünden, als Sauerſtoff verräth. Allmälig verliert das Waſſer ſeinen Chlorgeruch und ſchmeckt ſauer; es enthält jetzt Salzſäure. Offenbar iſt das Waſſer zerſetzt worden, das Chlor hat ſich mit dem Waſſerſtoff deſſelben verbunden und den Sauerſtoff frei gemacht. Noch viel lebhafter geht dieſe Verbindung vor ſich, wenn beide Gaſe unmittelbar mit einander gemengt dem Lichte ausgeſetzt werden. Sie erfolgt hier augenblicklich und von einer heftigen Exploſion begleitet, welche das Glasgefäß zertrümmert.

Digitized by Google

So haben wir bereits zwei Stoffe von außerordentlicher Wichtigkeit aus dem Kochsalze hervorgehen sehen, die Salzsäure und das Chlor. Beide sind vorzügliche Lösungsmittel für Metalle, und Gold und Platina werden nur von Flüssigkeiten, welche freies Chlor enthalten, angegriffen. Aber die große Verwandtschaft des Chlors zum Wasserstoff hat in neuerer Zeit zu einer noch weit wichtigeren Anwendung geführt. Die Zerstörung organischer Farben und Riechstoffe durch Chlor beruht darauf. Das Chlor entzieht diesen Stoffen den Wasserstoff und zersetzt sie. Die Räucherung mit Chlorgas in Krankenzimmern, modrigen Kellern und Gewölben, das Ausspülen von dumpfigen Fässern mit Chlorwasser ist bekannt. Seine Anwendung als Bleichmittel aber hat in der Leinen-, Baumwollen- und Papierfabrikation einen außerordentlichen Umschwung hervorgerufen. Früher mußte das Sonnenlicht die Rolle eines Vermittlers der chemischen Verwandtschaften übernehmen und langsam die Bande lösen, welche den Wasserstoff in dem Farbestoff der Pflanzenfaser festhielten. Was aber Wochen und Monate in der Rasenbleiche kaum zu Stande brachten, das wird durch das Chlor in der Schnellbleiche in wenigen Stunden erreicht. Allerdings ist große Vorsicht bei der Anwendung des Chlors erforderlich, da ja das zurückbleibende Chlorwasser durch das Licht so leicht in Salzsäure verwandelt wird, welche die zarte Pflanzenfaser nothwendig zerstören muß. Ebenso würde

Digitized by Google

die Gesundheit der Arbeiter gefährdet werden, wollte man Chlorgas oder Chlorwasser selbst anwenden. Statt dessen gebraucht man daher lieber den Chlorkalk, in welchem das Salz chemisch gebunden ist, aus dem es aber sehr leicht wieder schon durch bloßes Liegen an der Luft frei wird.

Zwar kannten die Alten schon vor vielen Jahrtausenden das Kochsalz, aber Chlor und Salzsäure vermochte erst eine jüngere Zeit daraus zu bereiten. Die Egypter webten zwar bereits, als sie ihre Todten in den Pyramiden von Memphis bestatteten, ihre Gewänder aus Leinenfasern; aber die Kunst des Bleichens verstanden sie noch nicht. Die gelbe Farbe der Leinwand, welche ihre Mumien umhüllt, ist die natürliche der Faser. Dennoch scheinen sie bereits von dem Kochsalz eine Anwendung zur Auflösung von Metallen, wenigstens des Silbers gemacht zu haben. Als der englische Naturforscher Herapath in Bristol eine ägyptische Mumie aufwickelte, fand man auf den leinenen Binden Hieroglyphen von brauner Farbe, so fein gezeichnet, daß man sie für das Werk einer modernen Feder hätte halten können. An einigen Stellen, wo die Flüssigkeit zu stark aufgetragen war, war das Gewebe der Leinwand zersetzt. Da die Farbe der Hieroglyphen ganz außerordentlich der mit unserer heutigen Zeichentinte auf Leinwand hervorgebrachten glich, so untersuchte Herapath, ob sie, wie diese, durch Silber bewirkt sei. In der That

fand er Spuren dieſes Metalls, und es ſcheint daher, daß die alten Egypter ſchon Mittel kannten, das Silber aufzulöſen und als unauslöſchliche Tinte auf Leinwand zu gebrauchen. Nun kennen wir aber kein anderes Mittel, welches gleichzeitig auf das Metall wirken und die Leinenfaſer zerſetzen kann, als die Salpeterſäure, die doch erſt den Alchemiſten des 13. Jahrhunderts, alſo faſt drittehalb Jahrtauſende nach der Beſtattung der Mumien bekannt wurde. Ueberdies geht aus anderen Unterſuchungen hervor, daß die alten Egypter den Deſtillationsproceß nicht kannten, durch welchen allein die Salpeterſäure gewonnen werden kann. Wahrſcheinlich möchte es daher ſein, daß ſie ſich durch eine Miſchung von Kochſalz und Kalk mit Salmiak, den ſie wohl kannten, ohne Hülfe einer Säure Auflöſungen von Silber verſchafften, welche ſich durch Einwirkung der Luft, des Lichts und beſonders organiſcher Subſtanzen zerſetzten. Jedenfalls wäre es die erſte Spur einer Anwendung des Kochſalzes zu chemiſchen Zerſetzungen und Löſungen.

Die Kunſt der Chemie, deren Urſprung vielleicht mit Recht den alten Egyptern zugeſchrieben wird, vermag jetzt ganz andere Dinge zu leiſten. Indem ſie ihre peinlichen Fragen an den unſcheinbaren Salzkryſtall richtete, hat ſie ihm Geheimniſſe entlockt, welche mächtige Stoffe dem Bedürfniß und Genuſſe des Menſchen unterwürfig machten. Die Löſung von Metallen

Digitized by Google

durch Chlor und Salzsäure ist jetzt ein leichtes und müheloses Werk geworden. Ob aber Chlor oder Salzsäure ursprünglich in dem Kochsalz enthalten waren, ob das Chlor sich erst durch Verlust des Wasserstoffs aus der Salzsäure, oder die Salzsäure durch Hinzutreten von Wasserstoff zum Chlor bildete, darüber kann uns erst die Untersuchung der bei dem Verschwinden des Kochsalzes in der Schwefelsäure zurückbleibenden Flüssigkeit völligen Aufschluß geben.

Denn noch ist unsere Untersuchung des Kochsalzes nicht beendet, noch haben wir manche dringende Frage an dasselbe zu richten. Was wir ihm bisher entlockten, deutete grade darauf hin, daß noch viel wichtigere Geheimnisse in seinen unscheinbaren Krystallen schlummern. Erwiesen sich schon jene flüchtigen Luftblasen, die wir in ihrem Entschwinden kaum unsrer Aufmerksamkeit würdigten, als ein so werthvoller und noch Mächtigeres umschließender Stoff, erstand uns schon aus ihnen der starke Bezwinger der edelsten Metalle; was sollen wir vollends von jenem flüssigen Körper erwarten, in welchen das Kochsalz durch die Einwirkung der Schwefelsäure verwandelt ward? Wo ist jener treue Gefährte, der das flüchtige Gas mit so kräftigen Banden zu fesseln vermochte, daß nur die räuberische Gewalt der Säure sie trennte?

Als wir das Kochsalz mit Schwefelsäure übergossen hatten, um uns sein Inneres zu erschließen,

Digitized by Google

blieb nach der Vernichtung des Salzes und dem Entweichen des salzsauren Gases eine Flüssigkeit zurück, aus welcher kleine, wasserhelle, durchsichtige Krystalle anschossen. Es sind nicht mehr die Würfel des Kochsalzes, es sind vier- und sechsseitige Säulen von salzig-bitterem Geschmack. Ein ganz neuer Stoff hat sich also gebildet, indem die Schwefelsäure an die Stelle der Salzsäure getreten ist. Wir haben ihn bereits in dem Pfannensteine der Salinen erhalten und würden ihn ebenso in zahlreichen Mineralwässern aufgelöst finden. Es ist das als Arzneimittel so bekannte und berühmte Glaubersalz, dem sein Entdecker, der Chemiker Glauber, vor 200 Jahren den Namen des Wundersalzes, sal mirabile, beilegte.

Wir richten an dieses Salz unsre gewohnten Fragen, wir setzen es zunächst der Wärme aus. Die Beständigkeit des Kochsalzes besitzt es nicht; denn nach kurzer Zeit schon bedeckt es sich mit einem weißen Beschlage und zerfällt endlich zu Pulver; es verwittert. Die Ursache dieser Erscheinung erfahren wir, wenn wir das Gewicht des verwitterten Salzes mit dem des krystallisirten vergleichen. Fast die Hälfte des Gewichts ist verschwunden. Was aber entwich, war nicht Glaubersalz, sondern nur das Wasser, das ihm seine Krystallgestalt lieh. Gewicht, Form und Durchsichtigkeit erscheinen wieder, sobald wir das wasserfreie Salzpulver in kochendem Wasser lösen und die erkaltende Lösung krystallisiren lassen.

Digitized by Google

Bei dieſer Auflöſung tritt eine Erſcheinung ein, die unſre beſondre Aufmerkſamkeit verdient. Es wird Kälte erzeugt, während bei der Miſchung zerfallnen Glauberſalzes mit Waſſer Wärme entſteht. Dieſer Gegenſatz in den Wirkungen deutet auch auf einen Gegenſatz in den inneren Vorgängen hin. Im erſten Falle geht das feſte Glauberſalz in den flüſſigen Zuſtand über und entzieht die Wärme, deren es dazu bedarf, dem Waſſer. Im andern Falle nimmt das Salz zunächſt einen Theil des Waſſers in ſich auf, verdichtet es, indem es ſich damit verbindet, und macht dadurch die Wärme frei, deren das Waſſer in ſeinem flüſſigen Zuſtande bedurfte. Temperaturerhöhung und Erniedrigung iſt immer mit Verdichtung und Verdünnung verbunden. Das Löſchen des Kalkes, die Miſchung von Schwefelſäure mit Waſſer erzeugen Wärme, weil dabei Waſſer verdichtet wird. Aber eine Miſchung von Kochſalz oder Chlorkalk mit Schnee kann eine Kälte von mehr als 20° hervorbringen, weil beide Körper flüſſig werden. Hätten wir das Glauberſalz in Salzſäure aufgelöſt, ſo wäre die Temperatur des Waſſers von + 10° auf — 10° C. herabgeſunken, und eine Miſchung von verdünnter Schwefelſäure mit Schnee würde ſogar eine Kälte erzeugen, in welcher Queckſilber und Aether zu feſten Kryſtallen erſtarren. So nimmt die Wärme lebhaften Antheil an der Verwandtſchaft der Stoffe, und nicht in Feuer und Flamme allein, auch in den wäſſrigen Löſungen wird ſie das Maaß ihrer Innig-

Digitized by Google

keit. Von dieſer Theilnahme gibt uns das Glauberſalz einen zweiten Beweis durch die Bildung waſſerfreier Kryſtalle bei erhöhter Temperatur. Es iſt nur die Wiederholung einer Erſcheinung, der wir ſchon beim Kochſalz begegneten. Bei niedriger Temperatur unter dem Gefrierpunkt bildeten ſich waſſerhaltige Kochſalzkryſtalle, bei gewöhnlicher nur waſſerfreie. Hier bilden ſich ſchon bei gewöhnlicher Temperatur waſſerhaltige Glauberſalzkryſtalle, während zur Bildung waſſerfreier eine hohe Temperatur erfordert wird. Daher kommt es, daß bei jenem der waſſerfreie, bei dieſem der waſſerhaltige Zuſtand der gewöhnliche iſt.

Zu wie intereſſanten Aufſchlüſſen uns dieſe Frage aber auch geführt hat, ſo ſind wir dadurch doch in unſrer eigentlichen Unterſuchung um keinen Schritt vorwärts gekommen. Es galt ja den Gefährten kennen zu lernen, mit dem ſich die Salzſäure im Kochſalz verbündet hatte. Jetzt finden wir ihn jedenfalls in einer ganz ähnlichen Verbindung mit der Schwefelſäure. Es kommt alſo darauf an, dieſe zu vertreiben oder zu zerſtören. Aber die Schwefelſäure iſt ein gar hartnäckiger Geſelle, der, wo er einmal Beſitz ergriffen, nicht ſo leicht einen Ueberwinder findet. Dennoch gibt es einen Körper, deſſen dunkles, ſchlichtes Aeußere freilich nicht die gewaltige Kraft verräth, die er von Gluth entzündet zu entwickeln vermag. Es iſt die Kohle, dieſe mächtige Zerſtörerin aller Sauerſtoffverbindungen durch die heiße Sehnſucht, die ſie

Digitized by Google

antreibt, den Sauerſtoff allenthalben zu ſuchen und zu feſſeln.

Mit Kohlenpulver vermiſcht ſetzen wir jetzt waſſerfreies Glauberſalz einer heftigen Glühhitze aus. Unter ſtarkem Brauſen ſchmilzt es zu einer braunen Maſſe zuſammen, welche ſich im Waſſer zu einer gelblichen Flüſſigkeit auflöſt. Das Aufbrauſen war eine Folge des entweichenden Kohlenoxydgaſes, in welchem die Kohle den Sauerſtoff entführt, den ſie in der Glühhitze dem Glauberſalze entzog. Die zurückbleibende ſauerſtoffloſe Maſſe iſt Schwefelnatrium oder Natronſchwefelleber, leicht erkennbar durch den Geruch von Schwefelwaſſerſtoff, der ſich unter Einwirkung jeder Säure durch Zerſetzung des Waſſers entwickelt.

Die Schwefelſäure ſind wir jetzt zwar los geworden, aber der Schwefel iſt noch immer geblieben. Wir müſſen auch für ihn einen Gefährten ſuchen, zu dem er ſich mächtiger als zum Natrium gezogen fühlt. Denn ſo ſtreng und unerbittlich auch der Chemiker in ſeinen Unterſuchungen ſein mag, die Natur zwingt ihn durch ihre Geſetze dennoch, ſtets dem Werke der Verſöhnung zu dienen. Keine Verbindung darf er löſen, ohne dem Getrennten neue, liebere Gefährten zu geben, ohne den Schmerz der Trennung durch ein neues, ſüßeres Freundſchaftsglück zu verſöhnen. Nur die Neigungen der Stoffe darf er wecken und die Bedingungen ſchaffen, unter denen ſie bald zu dem einen,

Digitized by Google

bald zu dem andern Stoffe durch die Kraft der Verwandtſchaft gelockt werden.

Zum Glück ſind die Bande nicht allzu feſt, welche den Schwefel an das Natrium feſſeln. Unter günſtigen Umſtänden erwacht ihm aus der Kreide ein viel näher verwandter Freund. Durch ſtarkes Glühen einer Miſchung von Schwefelnatrium mit Kreide entſteht eine Maſſe, aus deren Löſung in kochendem Waſſer ſich ein graues Pulver abſcheidet, das durch Filtriren entfernt werden kann. Schwefelwaſſerſtoffgas, das unter Brauſen entweicht, ſobald man das Pulver mit einer Säure überſchüttet, läßt es als eine Schwefelverbindung erkennen. Der Schwefel iſt hier an das Calcium der Kreide getreten und hat mit ihm unlösliches Schwefelcalcium gebildet. Die Kreide aber war kohlenſaurer Kalk. Durch das Glühen mit Schwefelnatrium iſt nur ein Wechſel zwiſchen Calcium und Natrium eingetreten. Die nach dem Kochen der geglühten Maſſe zurückbleibende Flüſſigkeit muß alſo ſtatt des kohlenſauren Kalks jetzt kohlenſaures Natron enthalten, das wir im gewöhnlichen Leben unter dem Namen der Soda kennen.

Wieder haben wir einen vergeblichen Verſuch gemacht. Der unbekannte Stoff, den wir ſuchten, und für den wir bis jetzt nur den leeren Namen des Natrons haben, ward nicht gefunden. Gar hartnäckig widerſteht er unſern eindringlichſten Fragen, immer findet er neue Verſtecke, in die er ſchlüpft. Jetzt hat

Digitized by Google

er ſich wieder die Kohlenſäure gewählt, um in neuer Verhüllung ſein Weſen unſern Blicken zu entziehen. Denn daß die Soda eine kohlenſaure Verbindung iſt, davon können wir uns leicht überzeugen, wenn wir das durch Verdampfen der vorhin erhaltnen Flüſſigkeit gewonnene Salz mit irgend einer Säure übergießen. Das Aufbrauſen verkündet das Entweichen deſſelben Gaſes, das ſich aus der Kreide bei Behandlung mit Säuren entwickelt. Einigermaßen werden wir für die erfahrene Täuſchung entſchädigt durch die wichtige Entdeckung der Soda, die wir dabei gemacht haben. Es iſt uns ergangen, wie es den Chemikern und Alchemiſten früherer Jahrhunderte ſo häufig ging. Sie ſuchten Gold oder den Stein der Weiſen und fanden Phosphor, Berlinerblau, Porzellan. Wir ſuchten den unbekannten Beſtandtheil des Kochſalzes und fanden die Soda.

Zwar war den Alten ſchon die Soda bekannt und von den Aegyptern, welche ſie zum Einbalſamiren gebrauchten, wurde ſie wahrſcheinlich ſchon im Großen fabrikmäßig dargeſtellt; aber meiſtentheils wurde ſie in der techniſchen Anwendung zu Seife, Glas ꝛc. durch die Pottaſche vertreten, welche man durch Auslaugen von Holzaſche gewann. Die wenige Soda aber, welche man gebrauchte, wurde noch bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts nur aus der Aſche einiger Seepflanzen dargeſtellt. Seit man ſie aus dem Kochſalz zu bereiten weiß, hat ſie eine ſo außerordentliche Anwen-

Digitized by Google

dung in den verschiedensten Industriezweigen gefunden, daß durch sie zahlreiche Fabriken beschäftigt werden, deren einzelne in Deutschland gegen 20,000 Ctnr. Soda jährlich liefern. Bei der fabrikmäßigen Darstellung wird das Glaubersalz unmittelbar mit Kohle und Kalkstein in großen Flammöfen erhitzt, so daß also nach Entweichen des Kohlenoxydgases sogleich Schwefelcalcium und Soda gewonnen werden.

Wie gern wir auch der Einladung folgen möchten, einen tieferen Blick in die Verhältnisse der heutigen Industrie zu thun, an deren Aufschwung die Soda einen so wesentlichen Antheil hat, so müssen wir doch das Auge wieder dem eigentlichen Zwecke unserer Untersuchung zuwenden. Bisher scheinen wir uns nur auf Umwegen, ja wohl gar in einem Kreise bewegt zu haben. Zu dem Chlor hatte das Natrium eine so starke Verwandtschaft, daß es uns nicht möglich war, direct aus dem Kochsalze Natron darzustellen. Wohl aber konnten wir durch Schwefelsäure das salzsaure Salz in ein schwefelsaures verwandeln. Aber aus diesem ließ sich wieder die starke Schwefelsäure nicht direct austreiben. Wir zersetzten sie daher in Sauerstoff und Schwefel und entfernten den letztern durch ein andres Metall, durch Calcium, mit dem es eine unlösliche Verbindung einging. Zwar haben wir noch immer kein freies, sondern nur kohlensaures Natron, aber der laugenhafte Geschmack desselben, der uns das stärkere Vorherrschen der Base über die Säure

Digitized by Google

anzeigt, läßt uns bereits hoffen, daß ſich der verſtockte Inquiſit nicht lange mehr unſerer Forſchung entziehen werde. Vermag auch die ſtärkſte Glühhitze die Verbindung des Natrons mit der Kohlenſäure nicht aufzuheben, ſo iſt ſie doch immer locker genug, daß ſelbſt ſchwächere Säuren, wie die der Fette und der Kieſelerde, die Kohlenſäure zu verdrängen im Stande ſind. Leicht wird es uns daher werden, auch eine andere Baſe zu finden, welche, wenn auch nicht grade durch ihre ſtärkere Verwandtſchaft, die Kohlenſäure verleitet, das Natron treulos im Stich zu laſſen. Dieſe Baſis iſt der gebrannte Kalk, der Aetzkalk.

Durch längeres Kochen einer Sodalöſung mit gebranntem Kalk verbindet ſich die Kohlenſäure mit dem Kalk, um ein unlösliches Salz, die Kreide, zu bilden, und wir behalten nun eine klare Flüſſigkeit zurück, die Aetznatronlauge, die nur noch Natron enthält und nach dem Abdampfen trocknes, kauſtiſches oder ätzendes Natron hinterläßt. In ihm erkennen wir den wahren Urſprung aller der wichtigen Eigenſchaften, welchen die Soda ihre Bedeutung in der Induſtrie verdankt. Es iſt eine der ſtärkſten Baſen, welche die meiſten Salze zerſtört, indem es ihnen ihre Säuren entzieht. Selbſt der harte Kiesſand muß ihm gegenüber ſeine Natur offenbaren und ſchmilzt mit ihm in inniger Auflöſung zum ſchönen Glaſe zuſammen. Auch das Waſſer äußert ſich gegen die kräftige Baſis, als wäre es eine Säure, begierig, ſich mit ihr un-

Digitized by Google

auflöslich zu vereinen. Das ſtärkſte Glühen vermag es nicht aus dieſer Verbindung auszutreiben. Fette und Oele, die gewiß nicht leicht den Gedanken an Säuren in uns erwecken, können doch ihr Weſen nicht verleugnen, wenn das Natron zu ihnen herantritt. Ohne Widerſtand laſſen ſie ſich von ihm fortreißen und bilden mit ihm verbunden jene feſten Salze, die wir Seifen nennen. Auch die fettigen Stoffe, welche mit dem Schweiße unſre Haut beſtändig befeuchten, werden von dieſem Natron aufgelöſt, und mit ihnen wird zugleich der Staub, welcher Haut und Kleider verunreinigt, entfernt. Darauf beruht die Anwendung der Seifen zum Waſchen. Freilich kann auch die auflöſende Wirkung dieſer ſtarken Baſis weiter gehen und ſogar unſre Haut angreifen. Das ſchlüpfrige Gefühl beim Reiben der Lauge zwiſchen den Fingern rührt von einer ſolchen allmäligen Auflöſung her. Die Thier- und Pflanzenfaſer überhaupt vermag ſchlecht dieſer ätzenden Wirkung zu widerſtehen; Leinen und Baumwolle werden langſam, Wolle wird ſehr ſchnell durch ſie zerſtört.

In dieſem kräftigen Stoffe alſo haben wir endlich die erſehnte Grundlage des Kochſalzes gefunden, befreit von jeder feſſelnden Säure, in reiner Urgeſtalt, innig verbunden nur mit dem Waſſer. So hoch wir aber auch dieſen Stoff in ſeiner urkräftigen Erſcheinung achten, eine Frage muß uns dennoch erlaubt ſein. Iſt wirklich die letzte Grenze chemiſcher For-

Digitized by Google

ſchung erreicht, iſt das Element gefunden, das einfach in ſich keiner weiteren Zerlegung fähig iſt? Bis zum Jahre 1807 galt in der That das Natron, wie alle ſeine Geſchwiſter, die Alkalien und Erden, für ein unzerſtörbares Element. Auch das ſtärkſte Tortur-mittel des Chemikers war nicht mehr im Stande, ihm eine Antwort abzulocken. Die ſtärkſte Glühhitze ließ es unverändert, kein Stoff vermochte in einem ſeiner fraglichen Beſtandtheile irgend eine Spur von Verwandtſchaft zu erwecken. War das Natron ein zuſammengeſetzter Körper, ſo hingen ſeine Beſtandtheile mit einer Innigkeit an einander, daß ein ſtärkeres Mittel, als alle bisher bekannten, entdeckt werden mußte, um ſie zu trennen. Humphry Davy entdeckte es in der Electricität. Mit Hülfe dieſer neuen Kraft hatte er bereits das Waſſer, das ebenfalls lange für einfach galt, in ſeine Beſtandtheile, Sauerſtoff und Waſſerſtoff, zerlegt. Fortgeſetzte Verſuche bewieſen, daß der Strom einer kräftigen galvaniſchen Batterie auch für andere chemiſche Verbindungen ein mächtiges Trennungsmittel ſei, indem die getrennten Beſtandtheile von den entgegengeſetzten Polen derſelben angezogen werden. Eine der glanzvollſten Entdeckungen war die Folge. Unbekannte Metalle wurden ans Licht gezogen, Alkalien und Erden erwieſen ſich als zerlegbare Oxyde, und mit ihnen war eine ganze Welt von Elementen zerſtört. Als das Aetznatron dem Strome der galvaniſchen Batterie ausgeſetzt wurde, zeigten ſich

Digitized by Google

am negativen Pole des Drahtes kleine silberglänzende Kügelchen. Das Natrium, das Metall des Natrons, der Soda, des Kochsalzes, war entdeckt. Oft gehört eine außerordentliche Anstrengung dazu, um einen großen Zweck zu erreichen. Ist er aber einmal erreicht, so finden sich bald andere viel einfachere Wege, auf denen man mit viel geringerem Kraftaufwand zu demselben Ziel gelangen konnte. So ging es auch hier. Bald fand sich, daß in der Weißglühhitze die Kohle vollkommen den Dienst der electrischen Kraft versehen, das Natron seines Sauerstoffs berauben konnte. In Dampf verflüchtigt, verdichtete sich das Natrium in großen silberglänzenden Metallkugeln.

Das Natrium ist ein Metall. Man darf dabei freilich nicht an die schweren, harten, dauerhaften Körper denken, die wir sonst unter diesem Namen kennen. Von allen ihren Eigenschaften hat es nur den schönen Glanz. Dagegen ist es so leicht, daß es auf dem Wasser schwimmt, so weich, daß es sich kneten und mit einem Messer zerschneiden läßt, und so schwach äußeren Einflüssen gegenüber, daß es in feuchter Luft liegend in kurzer Zeit anläuft, oxydirt und in ein weißes Natronpulver übergeht. Diese außerordentliche Verwandtschaft des Natriums zu dem Sauerstoffe der Luft verursachte anfänglich große Verlegenheit hinsichtlich seiner Aufbewahrung, bis man in dem Steinöl eine Flüssigkeit erkannte, welche, aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehend, keinen Sauerstoff enthält, der

Digitized by Google

die Neigung des Metalls rege machen könnte. In heißem Waſſer oder auf feuchtem Fließpapier wird die Verwandtſchaft des Natriums zum Sauerſtoff ſo mächtig, daß es das Waſſer zerſetzt und durch die Lebhaftigkeit ſeiner Verbindung mit dem Sauerſtoff eine ſolche Hitze hervorbringt, daß das Waſſerſtoffgas ſich entzündet und, von verdampfenden Metalltheilchen gefärbt, mit gelber Flamme verbrennt.

So ſind wir endlich an das Ziel unſerer Unterſuchung gelangt. In der einen Richtung führte ſie uns an ihre äußerſte Grenze zum Chlor, in der andern zum Natrium. Hier vermag die chemiſche Kunſt, ſo weit heute ihre Mittel reichen, nicht mehr zu ſcheiden; hier zwingt ſie das Schweigen der Stoffe, zwei jener 64 Elemente anzuerkennen, aus welchen die Wiſſenſchaft der Gegenwart die ganze ſtoffliche Welt aufgebaut ſieht. Aber die letzte Frage iſt noch nicht gethan. Sind es wirklich dieſe beiden Elemente, welche allein in ihrer Verbindung das Kochſalz bilden? Sind es nicht vielleicht jene zuſammengeſetzten Stoffe, die wir gleichfalls aus ihnen hervorgehen ſehen, die Salzſäure und das Natron, die Verbindung des Chlors mit Waſſerſtoff und die Verbindung des Natriums mit Sauerſtoff? Wir nennen das Kochſalz doch ein Salz, und die Vergleichung anderer Salze, des Glauberſalzes, der Soda lehrt uns doch, daß Salze nur durch Verbindung von Säuren mit Metalloxyden entſtehen! Hier kann nur eine nochmalige Prüfung un-

Digitized by Google

seres ersten Verfahrens mit dem Kochsalze entscheiden. Das Kochsalz war wasserfrei; aber die Schwefelsäure, mit der wir es behandelten, enthielt chemisch gebundenes Wasser. Das salzsaure Gas wie das Glaubersalz, das wir dadurch gewannen, zeigen sich aber beide völlig wasserfrei, denn das überflüssig hinzugethane Wasser erhalten wir unverändert aus den Krystallen des letzteren zurück. Wo ist das Wasser der Schwefelsäure geblieben? Wir dürfen nur gleichzeitig fragen: woher hat die Salzsäure ihren Wasserstoff, das Natron seinen Sauerstoff genommen? In dieser Frage liegt die Antwort auf die erste: das Wasser der Schwefelsäure ist zersetzt worden, damit die Bestandtheile des Kochsalzes ihr Bedürfniß befriedigten, das Natrium namentlich durch Aufnahme von Sauerstoff sich für die ersehnte Verbindung mit der Schwefelsäure fertig machen konnte. So besteht das Kochsalz in der That nur aus zwei Elementen, ist nur die Verbindung des giftigen Chlors mit dem silberglänzenden Natriummetall. Das ist eine Entdeckung, die wir mit Erstaunen machen. Gerade der Körper, den wir vorzugsweise das Salz nennen, von dem wir erst die Benennung für die in ihren Eigenschaften ähnlichen Körper entlehnten, gerade das Kochsalz erregt Zweifel, ob es wirklich den Namen eines Salzes verdient. Eine Verbindung von Säure und Base ist es nicht. Wollen wir also den Namen beibehalten, so müssen wir seinen Begriff ausdehnen auf alle Verbindungen, in welchen

Digitized by Google

Stoffe zur Ruhe, zur Befriedigung ihres Sehnens gekommen sind, die sich weder als Säuren noch als Basen äußern, und die durch Krystallform, durch physikalisches, wie chemisches Verhalten sich in die Reihe der anerkannten Salze stellen. So geht es überall im Leben, was einst als das Urbild des Vollkommnen galt, hört bald auf es zu sein, und kaum den Namen vermag man ihm durch Tradition und Gewohnheit künstlich zu erhalten.

Wenn wir auf unser vergangenes Leben zurückblicken, dünkt es uns oft wie ein Kampf mit einer dunkeln, räthselhaften Macht, die über den menschlichen Geschicken leitend und bestimmend waltet. Da sehen wir unsere mächtigsten Neigungen, unsere folgenschwersten Handlungen, unsere tiefsten Gedanken von den unbedeutendsten Zufälligkeiten abhängig, sehen durch kaum beachtenswerthe Aeußerlichkeiten mächtige Leidenschaften in uns erwachen, durch kleine Veränderungen in unserer Umgebung unsere ganze Geistes- und Lebensrichtung sich ändern. Aehnliche Gedanken wandeln uns auf dem Gebiete an, in welches uns das Kochsalz eingeführt hat. Auch hier sahen wir ja unbedeutende Veränderungen der Temperatur, der Dichtigkeit des Wassergehaltes die Körper in Form und Wesen, in Neigungen und Eigenthümlichkeiten umwandeln. Auch hier sahen wir die Stoffe in dem einen Augenblicke einander mit einer Innigkeit erfassen, als wollten sie Bande für die Ewigkeit knüpfen, die sie doch im an-

Digitized by Google

dern Augenblick wieder ebenso gleichgültig lösen, um sich andern Stoffen zuzuwenden. Aber gewohnt, nur im Gebiete des Geistes Schauer des Jenseits zu empfinden, nur dort von Zwecken höherer Wesen zu träumen, die am leichtesten über den beängstigenden Zufall hinweghelfen, glauben wir hier auf dem Gebiete der Natur allein, daß Alles natürlich zugehen müsse, daß auch in den scheinbar zufälligen Erscheinungen die Nothwendigkeit des Gesetzes und die Thätigkeit einer unserer Erkenntniß zugänglichen Kraft verborgen sein müsse. So verschieden ist unser Urtheil. Geist und Schauer, Freiheit und Zufall verbinden wir ebenso gedankenlos, wie Natur und Gesetz, Erscheinung und Kraft. Wo wir dunkel sehen, erfüllen wir es mit Gespenstern; wo uns auch nur ein Lichtstrahl winkt, meinen wir schon Alles erhellt.

Mehr als ein einzelner Lichtstrahl ist es auch kaum, den die Wissenschaft der Chemie bis jetzt auf das Gebiet des stofflichen Lebens geworfen hat. Noch ist die Dämmerung nicht dem Tage gewichen, und doch dünkt uns Alles hier so neu, so wunderbar, daß wir in Gedanken bereits eine ganze Welt aufgebaut haben. Daß diese aber nicht ganz dem Reiche der Träume angehört, davon überzeugt uns hinreichend das materielle Leben, dafür bürgt uns ihr Werk, die Blüthe der Gewerbe und Fabriken. Als es noch Nacht war in der Welt der Stoffe, als es in ihr noch nicht zu schauen, nur zu ahnen gestattet war, da schon trieb

Digitized by Google

die in der Menſchennatur begründete Sehnſucht nach Einheit und Einfachheit die Philoſophen des Alterthums zu der Ueberzeugung, daß es nur eine einzige Materie gebe, aus welcher ſich die Mannigfaltigkeit der Dinge entwickelt habe. Da ließ Thales aus dem Waſſer, Anaximenes aus der Luft, Heraclit aus dem Feuer die ganze Körperwelt ſich geſtalten, und Ariſtoteles meinte wenigſtens in Feuer, Waſſer, Luft und Erde die vier Urzuſtände der geſammten Materie zu erblicken. Auf Phantaſieen alſo, nicht auf Verſuchen beruhten die vier mehr als zwei Jahrtauſende hindurch von Gelehrten und Dichtern gefeierten Elemente der Welt. Die Forſchung zerſtörte ſie endlich. Es gelang ihr, einen Stoff nach dem andern in Beſtandtheile zu zerlegen, und nur bei einer kleinen Zahl von Stoffen, die allmälig auf 64 geſtiegen iſt, verſagten ihr alle Hülfsmittel das weitere Eindringen. Da galt das Wort des Goethe'ſchen Mephiſtopheles:

Wo ſo ein Köpfchen keinen Ausgang ſieht,
Stellt es ſich gleich das Ende vor.

Selbſt zum Stillſtand genöthigt, meint auch der Verſtand in der Natur den Stillſtand zu ſehen. Weil die Wiſſenſchaft nicht mehr zu zerlegen weiß, hält ſie die Stoffe gleich für unzerleglich und nennt ſie Elemente. Noch iſt ihre Reihe nicht abgeſchloſſen, jedes Jahr faſt bringt ihr neuen Zuwachs. Aber grade dieſe große Zahl der Elemente im Widerſpruch mit

Digitized by Google

der sonstigen Einfachheit der Natur, die große Aehnlichkeit, welche manche Elemente an sich oder in ihren Verbindungen unter einander zeigen, wie Schwefel und Selen, Chlor, Jod und Brom, Phosphor und Arsen, Kobalt, Nickel, Mangan und Eisen, Kalium und Natrium, endlich die auffallende Aehnlichkeit einzelner bereits mit Gewißheit als zusammengesetzt erkannter Körper, wie des Cyans, mit mehreren der sogenannten einfachen Stoffe, die sich in ihrem ganzen Verhalten ausspricht, deuten darauf hin, daß die Wissenschaft noch nicht an ihr Ende gelangt ist, daß der Zukunft noch die große That bevorsteht, welche auch das Reich der neuen Elemente zertrümmern und die letzten Grundstoffe der Welt an das Licht ziehen wird.

Wenige dieser chemischen Elemente treten in ihrer ursprünglichen Reinheit und Einfachheit in der Welt auf. Bei den Metallen wird sogar das gediegne Vorkommen fast nur zu einem Vorrecht des Adels. Die edlen unter ihnen lieben es nicht besonders, mit dem gemeinen Haufen der Elemente zu verkehren, der den Schimmer ihres angebornen Glanzes zu verletzen droht. Sie lieben die Freiheit, und wenn es dem Chemiker einmal wie beim Knallgold hinterlistiger Weise gelungen ist, sie in eine unebenbürtige Gesellschaft zu bringen, reißen sie sich bei der geringsten Veranlassung oft mit furchtbarer, Alles zerschmetternder Gewalt wieder los. Waren auch die unedlen Metalle einst

Digitized by Google

gediegen auf der Erde, so ist die Erde doch allmälig alt geworden, und die Metalle sind verrostet. Unter dem Einflusse des allgemeinen Erdenlebens sind sie, wie alle Stoffe, von einem mächtigen Drange ergriffen worden, sich mit einander zu verschmelzen, ihre Eigenthümlichkeiten einander mitzutheilen, ihre schroffen Gegensätze untereinander auszugleichen. Es war eine innere Bewegung, die zur Ruhe, ein Kampf, der zum Frieden führte. Die Körper, die wir rings um uns in der Natur sehen, die Mineralien, die pflanzlichen und thierischen Gewebe sind das Werk dieses Lebens. Wo die Gegensätze wieder hervorgerufen werden, da beginnt die Schöpfung von Neuem, da wirkt jene Kraft, die wir mit dem Namen der chemischen Verwandtschaft belegen, einem schönen Namen, weil er so recht in das Innere der Körper den Sitz der Kraft verlegt.

Einfach, wie immer in ihren Mitteln und Gesetzen, begnügte sich die Natur, nur aus wenigen Elementen ihre Körper zusammenzusetzen. Nie verwandte sie ihren ganzen Reichthum zur Herstellung eines Körpers, selten bedurfte sie mehr als vier einfacher Stoffe zu einer mineralischen oder organischen Verbindung. Aus vier Elementen hat sie fast das ganze Reich der Thiere und Pflanzen gebildet. Es galt ja nur Gegensätze zu versöhnen, und mancher Stoff kam schon zur Ruhe, wenn er nur einen verwandten gefunden hatte. Der Wasserstoff fand bereits

Digitized by Google

im Sauerſtoff ſeine Befreiung; das Waſſer drängte nicht zu neuen Verbindungen. Das Queckſilber ward durch den Schwefel, das Natrium durch das Chlor befriedigt, Zinnober und Kochſalz waren in ſich abgeſchloſſene, fertige Körper. Aber es gab auch Elemente, die weniger leicht in ihren Bedürfniſſen zu befriedigen waren, die, wie unzufriedne Kinder, nach Erfüllung des Wunſches ſchon an den zweiten dachten. Mit heißer Gier ward der Sauerſtoff vom Schwefel, vom Stickſtoff, vom Kieſel, vom Kohlenſtoff entgegen genommen; aber die umgebildeten Stoffe waren nicht in ſich fertig, ſie bedurften einer neuen Ergänzung, eines neuen Gegenſatzes, um zum Frieden zu gelangen. Sie waren Säuren geworden, Schwefelſäure, Salpeterſäure, Kieſelſäure, Kohlenſäure. Mit demſelben Eifer bemächtigten ſich das Natrium, das Calcium, die Metalle des Sauerſtoffs. Aber auch ſie wurden nicht befriedigt, auch ihren Produkten blieb die Sehnſucht nach neuen Gegenſätzen. Natron, Kalk, Metalloxyde ſind Baſen. Die Säuren verrathen oft dieſen Drang nach Sättigung durch Zerſtören und Auflöſen, die Baſen durch Aetzen. Erſt in ihrer gegenſeitigen Durchdringung finden die beiden unruhigen Gegenſätze, Säuren und Baſen ihren letzten Frieden. Erſt ſchwefelſaure, ſalpeterſaure Metalloxyde, kieſelſaures Natron, kohlenſaurer Kalk, erſt die Salze ſind fertige, in ſich abgeſchloſſene Körper, als die ſie ſich ſchon durch ihre Kryſtallform kund geben. Doch erwacht auch in ihnen

Digitized by Google

bisweilen noch einmal das Bedürfniß nach neuen Ergänzungen. Aber das Naturgesetz, das nur zwischen gleichartigen Wesen Verbindungen zuläßt, und die von Elementen mit Säuren oder von Säuren mit Salzen als unnatürlich verbietet, gestattet auch den Salzen kein andres Band als mit Salzen zu schließen, ja fordert von diesen sogar noch eine besondere Uebereinstimmung der Charaktere und Bestandtheile. Nur mit schwefelsaurem Kali oder Natron bildet die schwefelsaure Thonerde, nur mit blausaurem Kali das blausaure Eisen wahre Doppelsalze, die wie Alaun und Blutlaugensalz zu Krystallen anzuschießen vermögen.

Daß die Salze keine bloß zufällig und äußerlich zu Stande gebrachten Verbindungen sind, daß sie auf der Naturnothwendigkeit eines Gesetzes beruhen, dafür bürgt uns die Herrschaft der Zahl, die sich in ihnen bethätigt. Keinem Stoffe ist es gestattet, sich mit willkürlichen Mengen eines andern, wie innig auch seine Verwandtschaft zu ihm sein mag, zu verbinden; seine innere Natur schreibt ihm in bestimmter Zahl die Größe seines Bedürfnisses vor. Wie lange wir auch Quecksilber mit Schwefel zusammenschmelzen und erhitzen mögen, nie werden sich 100 Lth. Quecksilber mit mehr als 16 Lth. Schwefel zu Zinnober verbinden. Wie viel Schwefelsäure wir auch zum Natron fügen mögen, wir können die Natur desselben nicht zwingen, daß es mehr als etwa $^3/_4$ seines Gewichtes davon aufnimmt, mehr als grade erforderlich ist, Glaubersalz zu

bilden. Wie innig uns aber dadurch auch die Verschmelzung der Stoffe in den Salzen erscheint, die versöhnten Gegensätze schlummern doch nur. Tritt ein Stoff an ein Salz heran, zu dem einer seiner Bestandtheile eine größere Verwandtschaft besitzt, als zu dem, der ihn bisher gefesselt hielt, so löst er schnell die Bande, um sich dem neuen Freunde in die Arme zu werfen. Hier gilt das Recht des Stärkeren; der Schwächere wird verdrängt und der Sieger tritt an seine Stelle. Das ist die Wahlverwandtschaft, welcher Goethe selbst in den menschlichen Geschicken die Rolle einer dunkeln räthselhaften Macht einräumte. War aber auch der verführerische Stoff bereits gebunden, so ist er eben so leicht zum Bruche des alten Bündnisses bereit. Diese gegenseitige Einwirkung der Salze auf einander, dieses gegenseitige Lösen der Bande und Austauschen der Verbundenen nennt man die doppelte Wahlverwandtschaft. Die Schwefelsäure vertrieb die Salzsäure aus dem Kochsalz und bildete mit dem Natron schwefelsaures Natron, Glaubersalz. Schütten wir dagegen kohlensaures Natron, Soda, in eine Auflösung von essigsaurem Bleioxyd, Bleizucker, so vertauschen sie ihre Bestandtheile; das Natron geht zur Essigsäure, bildet essigsaures Natron, und das Bleioxyd geht lieber zur Kohlensäure, bildet mit ihr kohlensaures Bleioxyd, Bleiweiß. Im ersten Falle war es die einfache, im zweiten die doppelte Wahlverwandtschaft, welche die Zersetzung bewirkte.

Digitized by Google

An dieſem wechſelnden Spiele der Wahlverwandtſchaften nimmt auch das Kochſalz unter der Hand des Chemikers wie unter den Einflüſſen des Naturlebens Theil. Wiewohl wir es ſo wenig als das Zinnober als ein Salz im engeren Sinne gelten laſſen durften, weiß es ſich doch ganz wie eine Verbindung von Säure und Baſe zu zeigen, und das Waſſer iſt es, das ihm dieſe Möglichkeit gewährt. Der Waſſerſtoff deſſelben macht das Chlor des Kochſalzes zur Säure, den Sauerſtoff des Natriummetalls zur Baſe. Eben jene Elemente nämlich, wie Chlor, Jod, Brom, die unmittelbar mit den Metallen abgeſchloſſene Verbindungen, ſogenannte Salze, bilden können, und die man deshalb Salzbilder nennt, zeigen zum Waſſerſtoff eine eben ſo große Verwandtſchaft, wie die andern Elemente zum Sauerſtoff, und erzeugen mit ihm ebenſo kräftige Säuren. Ihre Verbindungen mit Metallen können daher bei Anweſenheit von Waſſer auch als waſſerſtoffſaure Salze angeſehen werden, die ſich ganz ähnlich den Sauerſtoffſalzen verhalten. Das Kochſalz iſt alſo ein Salz, nicht als Chlornatrium, ſondern als ſalzſaures Natron.

Aufgenommen in den feſten Erdboden, haben die Salze ihre Rolle noch immer nicht ausgeſpielt. Von dem nimmer raſtenden Erdenleben ergriffen, beginnen ſie einen neuen Kreislauf als Beſtandtheile der Pflanzen und Thiere. Nicht der Bergmann allein ſteigt in die Tiefen der Erde nieder, das Kochſalz heraufzu-

Digitized by Google

holen, auch die Pflanzen ſenden ihre Wurzeln hinab, ſaugen das Salzwaſſer ein, lagern die Kryſtalle in ihren Zellen ab. Wenige Pflanzen gibt es, die in ihren Geweben nicht Kochſalz enthielten, das man nach ihrer Verbrennung in der Aſche findet, beſonders in der von Stamm und Stengel. Am reichlichſten iſt es in den Getreidearten und in einigen Küſtenpflanzen vorhanden. Gewiß iſt es nicht der Zufall, dem die Pflanze dieſen Salzgehalt verdankt; vielmehr ſcheint auch hier eine feſte, von ſtrengen Geſetzen beherrſchte Verwandtſchaft ſogar zwiſchen den einzelnen Organen der Pflanze und ihren Mineralbeſtandtheilen zu beſtehen. Darauf deutet ſchon die Erfahrung hin, daß das Verhältniß der Aſchenbeſtandtheile meiſt ein ganz andres iſt, als das der Ackererdebeſtandtheile. Die Verwandtſchaft der Wurzeln zieht die Stoffe des Ackers an ſich, ohne Rückſicht auf die Menge, in welcher ſie den Boden durchziehen; der Gerſtenhalm nimmt nicht mehr Kochſalz aus dem ſalzreichſten Boden auf. Jedenfalls bedarf die Pflanze des Kochſalzes oder ſeines Beſtandtheils, des Natrons, zu ihrem Gedeihen, und da ſie ſich nicht ſelbſt Stoffe ſchaffen kann, ſo müſſen ſie ihrem Boden gegeben werden, wenn ſie ihm fehlen. Der Acker muß mit Kochſalz ebenſo gut gedüngt werden, als mit thieriſchem Miſte, wenn ſeine Erzeugniſſe nicht verkümmern ſollen.

Wie die Pflanze, ſo bedarf aber auch das Thier zu ſeinem Beſtehen des Kochſalzes. Wir finden es in

Digitized by Google

allen Geweben und Säften des menſchlichen Körpers, im Magenſaft, in der Galle, in den Muskeln, beſonders aber im Blute und den Knorpeln. Im Blute des Menſchen bildet das Kochſalz 62, in den Knorpeln 8 Prozent der feſten Beſtandtheile. Darum bedarf der Menſch noch mehr, wie die Pflanze, einer ſalzhaltigen Nahrung. Die Wilden Otaheitis, die den Gebrauch des Kochſalzes als Speiſewürze noch nicht kannten, fanden inſtinktmäßig einen Erſatz in dem Seewaſſer, in das ſie ihre Fiſche tauchten. Den Kamtſchadalen und Samojeden aber macht die außerordentliche Menge der Fleiſch- und Fiſchnahrung, die ſie genießen, den Zuſatz von Kochſalz entbehrlich. In Ländern, wo das Salz ſelten iſt, oder wo es die Bewohner nicht verſtehen, die natürlichen Salzquellen und Salzlager im Boden aufzuſuchen, bildet das Salz einen der bedeutendſten Handelsartikel. Im Innern Afrika's wird es zum Theil durch Auslaugen des ſalzhaltigen Bodens vermittelſt großer, aus Stroh und Rohr verfertigter Trichter und durch Abdampfen des abfließenden ſchwachſalzigen Waſſers gewonnen. Auf den Inſeln des Tſadſee's bereiten es die Bewohner durch Verbrennen des Salzkappernſtrauches, am obern Schari durch Verbrennen eines Graſes, im Lande der Musgo aus der Aſche des Sorghumſtrohs. In mehreren Gegenden des Sudan, wie in Kotoko, gewinnt man das Salz aus Rinderkoth, und einige Negerſtämme am weißen Nil bedienen ſich ſogar unmittelbar

des Urins ihrer Heerden zum Salzen der Speiſen. Bei dem hohen Werthe, den das Salz in den Augen ſolcher Wilden hat, bildet es darum auch ſehr häufig, z. B. in faſt ganz Oſtafrika, einen beliebten Tauſchartikel, wodurch freilich für den Verkehr die große Unbequemlichkeit entſteht, daß man, um ſeine Bedürfniſſe bezahlen zu können, ganze Eſelsladungen von Salz mit ſich führen muß.

Civiliſirte Nationen, die ihre Nahrung vorwiegend dem ſalzärmeren Pflanzenreiche entlehnen, bedürfen vor Allen dieſer Würzung ihrer Speiſen, und nicht Wohlgeſchmack, ſondern eine Lebensforderung war es, die es in ihre Küchen einführte. Ebenſo dringend bedürfen Thiere, die ſich ausſchließlich von Pflanzen nähren, des Kochſalzes. Das Wild in unſern Wäldern ſucht emſig ſalzhaltige Quellen auf und leckt den Salzboden mit Gier. In unſerer Viehzucht ſpielt darum das Kochſalz eine wichtige Rolle; Schafe würden ohne Salzfütterung nicht beſtehen können.

Das Kochſalz iſt nicht bloß inſofern ein Nahrungsmittel, als es unmittelbar in das Blut und die Muskelgewebe übergeht, ſondern es wirkt auch dadurch ernährend, daß es die eiweißartigen Stoffe und wahrſcheinlich auch die Fette in dem Waſſer der Verdauungsflüſſigkeiten löslich macht und dadurch eine Verdünnung der Blutmaſſe herbeiführt. Das Kochſalz iſt es ferner, das die Thätigkeit der Verdauungsdrüſen beſchleunigt und dadurch ihre Theilnahme an der Blutbildung

Digitized by Google

und Ernährung erhöht. Freilich übt das Kochsalz seine auflösende Wirkung auf das Eiweiß des Fleisches auch dann aus, wenn es, wie beim Pökeln, dazu dienen soll, das Fleisch gegen die Fäulniß zu schützen. Mit dem Wasser, das am meisten die Fäulniß herbeiführt, werden dem Fleische allmälig auch Eiweiß, Fleischstoff und Milchsäure entzogen. Der Genuß so unverdaulichen und nahrlosen Fleisches führt daher auf Schiffen oft die furchtbare Krankheit des Skorbuts herbei, dem man nur durch gesündere Kost, Brod oder frisches Gemüse, begegnen kann, welche die fehlenden Nahrungsstoffe ergänzt.

Aus dem Blute wird das Kochsalz durch die verschiedenen Ausscheidungen des Organismus wieder entfernt. Harn, Schweiß und Thränen führen unter ihren festen Bestandtheilen zwischen 40 und 60 Procent Kochsalz aus. Durch diese fortwährende Beraubung verarmt aber auch das Blut, welches die Nerven der Zunge ernährt. Gewiß läßt sich darin ein Grund für den faden Geschmack ungesalzener Speisen erkennen. Nur Unwissenheit und Wundersucht kann es als eine sogenannte weise Einrichtung der Vorsehung anstaunen, daß gerade die Speisen dem Menschen am besten schmecken, welche die für sein Blut erforderlichen Stoffe enthalten, gleich, als wäre es dem Menschen inspirirt worden, seine Speisen zu salzen. Naturnothwendigkeit bestimmt auch die Beschaffenheit der Nahrungsmittel, Gesetz beherrscht auch die scheinbaren Launen

Digitized by Google

des Geſchmacks. Die Küche iſt mehr als eine Anſtalt für vergängliche Sinnengenüſſe. Sie bereitet dem Menſchen die Stoffe zu, welche die Gewebe und Organe ſeines Körpers bilden ſollen. Sie iſt ebenſo gebunden durch die Forderungen der Natur, wie es die Künſte ſind, und vermag ebenſo wie ſie das Gebiet des Schönen zu betreten. Denn der Geſchmack hat ſeine Aeſthetik ſo gut wie die übrigen Sinne, und ſeine naturgemäße Befriedigung erregt ſo gut wie die jener die angenehme Empfindung des Schönen. Wie ſonderbar es auch klingen mag, wir können ſogar behaupten, die Küche kocht und braut nicht bloß Speiſen für den Magen, ſie kocht auch Gedanken für das Hirn. Die Speiſen bereiten das Blut, das Blut nährt Nerven und Hirn, die Thätigkeit des Hirns iſt der Gedanke. Das Kochſalz alſo, das die Verdauung befördert und das Blut verdünnt, ſchafft auch freiere und reinere Gedanken, Lebensfriſche und Lebensmuth. Wie mancher verſchrobener Gedanke, wie manches Verbrechen, wie manche zerſtörende Leidenſchaft ging ſchon aus geſtörter Verdauungsthätigkeit, aus ſchlechten und unnatürlichen Nahrungsmitteln hervor! Darum mag die Hausfrau wohl ſtolz ſein auf ihre Küche, durch die ſie Gedanken und Thaten zu zaubern und in die Geſchicke der Menſchen ſo gut wie der Mann einzugreifen vermag. Stolz darf der Bergmann ſein, der das Steinſalz aus der Erde fördert, der Salinenarbeiter, der die Salzſoole ſiedet;

Digitized by Google

ſie ſchaffen Stoffe für den Geiſt und die Veredlung der Menſchheit.

Daß ein ſo wichtiger, ſo tief in das Leben greifender Stoff, wie das Kochſalz, noch immer in vielen Ländern Gegenſtand eines Monopols iſt und von den Regierungen beſteuert wird, iſt ein Vergehen gegen die Nationalwohlfahrt, gegen die Intereſſen der Induſtrie, der Land- und Viehwirthſchaft, gegen die Geſundheit und das Leben, ja gegen den Geiſt der Nation. Es ſchreibt ſich her aus einer Verirrung der älteren Finanzwirthſchaft, welche die wichtigſten Lebensbedürfniſſe zu Finanzquellen machen zu müſſen glaubte, weil es freilich die am ſicherſten und regelmäßigſten fließenden ſind. Vergeblich iſt bisher alles Auflehnen der neuern Zeit gegen dies ererbte Uebel geweſen. Es iſt freilich nicht ganz leicht, eine Verirrung dieſer Art wieder gut zu machen; alte Sünden müſſen eben gebüßt werden.

Ein Glück zwar iſt es, daß wenigſtens noch ein kleiner heimlicher Schmuggelhandel mit dieſem unentbehrlichen Salz beſteht, dem keine Regierung beikommen kann. Dieſer Schmuggelhandel wird zunächſt von den Pflanzen betrieben, die, wie wir geſehen haben, mit ihren feinen Wurzelfaſern das Salz tief aus dem Schooße der Erde holen und es dann an die Thiere abliefern, von denen es wieder der Menſch bezieht. Leider freilich ſind es wieder die Reichen und Wohlhabenden, denen vorzugsweiſe dieſes geſchmuggelte Salz

Digitized by Google

zu Gute kommt. Arme müssen sich hauptsächlich mit Pflanzenkost bescheiden und zwar mit der salzärmsten, den Kartoffeln. Dazu aber müssen sie das Salz kaufen und zwar von der Regierung kaufen, die es besteuert. So wird gerade der Arme am stärksten von dieser Steuer betroffen, und der am dringendsten dieses die Verdauung befördernden Stoffes bedürfte, am schlimmsten beeinträchtigt.

Drittes Kapitel.

Der Schwefel und seine Verbindungen.

„Wäre man im Besitze genauer Tabellen," sagt ein Chemiker unserer Tage, „welche die jährlich in verschiedenen Ländern oder zu verschiedenen Zeiten verbrauchten Mengen von Schwefelsäure angäben, so würde ohne Zweifel eine solche Uebersicht zugleich einen höheren Maßstab für die Entwickelung der Industrie im Allgemeinen für diesen Zeitabschnitt oder diese Länder liefern. Der Schwefel dient bekanntlich auch bei der Bereitung des Schießpulvers, welches schon im 14. Jahrhundert sich in den Heeren verbreitete und gegenwärtig ein Gegenstand des ausgedehntesten Verbrauches ist. Der Schwefel nimmt daher auch einen wesentlichen

Digitized by Google

Antheil an der Geſtaltung der Staaten wie an der Entwickelung ihrer Induſtrie, und wollte der Herr der Schöpfung dieſes Element plötzlich aus dem Reiche der unorganiſchen Welt hinwegnehmen, ſo wären die daraus hervorgehenden Wirren und Umwälzungen gar nicht abzuſehen. Mit Recht haben daher die Alchemiſten auf den Schwefel einen hohen Werth gelegt und ihn in ihre drei Principien der Natur aufgenommen. Einige ſchwärmten von ihm ſo ſehr, daß ſie ſagten: „alles Leben und Bewegen mit Verſtand, Vernunft und Sinnen in lebendigen und wachſenden Dingen hat ſeinen Urſtand im Schwefel.“

Das iſt ein Lob, das uns doch gar zu ſtark das Gepräge der maßloſeſten Uebertreibung zu tragen ſcheint. Gilt es doch einem der verachtetſten und unbedeutendſten Gegenſtände! Aber freilich Verachtung, die ja doch meiſt nur aus Nichtbeachtung hervorgeht, ſind wir gewohnt, auch das Größte und Bedeutendſte treffen zu ſehen, und mit den Dingen der Natur wird man es am Ende nicht beſſer machen als mit den Menſchen und ihren Werken. Eine Beachtung verdient alſo der Schwefel wohl und jenes Lob eine Prüfung.

Im Alterthum konnte ſich der Schwefel gewiß nicht über Verachtung beklagen. Wie Homer erzählt, diente er damals als Räucherungsmittel bei religiöſen Ceremonien, wurde er alſo für würdig erachtet, im Opferdampf zu den Göttern aufzuſteigen. Freilich müſſen die Naſen der olympiſchen Götter wohl andre

Digitized by Google

geweſen ſein, als die Mancher unter uns zartſinnigen Europäern, die ſelbſt ein unſchuldiges Schwefelholz aus dem Zimmer verbannen, damit ſein Geruch nicht ihre Naſe beleidige.

Waren auch im Mittelalter die Altäre der Götter verſchwunden, von denen einſt der Opferrauch des Schwefels aufſtieg, ſo dampfte er jetzt in den Küchen der Alchemiſten und entführte hier manch koſtbareres Opfer, Hab und Gut der nach geheimnißvollen Schätzen begierigen Prieſter der „heiligen Kunſt", in die Lüfte. Sein Anſehen war noch geſtiegen. In ihm ſuchte man jetzt den Merkur der Weiſen, in ihm die Materia prima, den Urſtoff des Goldes. Seit Geber's Zeit galt er für eins der 3 Grundprincipien der Natur. Schwefel, Merkur und Salz waren die Stoffe, aus denen alle Dinge ihren Urſprung nahmen, der Menſch ſo gut wie das Metall. Man ſuchte Schwefelſäure in der Luft, alles Brennbare galt als Schwefel, und alles Unbekannte, Räthſelhafte hieß ſchwefelig.

Heute iſt es anders geworden. Seit anderthalb Jahrhunderten, ſeit einem halben mindeſtens iſt der Spuk des Mittelalters verſchwunden. Der Schwefel iſt ſeines geheimnißvollen Gewandes entkleidet, die Tempel und Zauberküchen ſind verfallen. Aber neue Triumphe feiert der Schwefel, nicht mehr in myſtiſchem Dunkel, ſondern am hellen Tage des öffentlichen Lebens, im Hauſe, im Gewerbe, in den Fabriken. Noch ſind es nicht 100 Jahre, ſeit die Schwefelſäure ihren

Digitized by Google

Eingang in die Fabriken fand, noch kaum 50, seit das Schwefelholz die Zunderbüchse der Hausfrau verdrängte, und schon verdient er jenes Eingangs erwähnte Lob in vollem Maße. Wie das zuging, wie die Chemie aus so unscheinbarem Stoffe einen so wichtigen Hebel des öffentlichen Lebens schaffen konnte, darüber etwas zu erfahren, dürfte Manchem unserer Leser vielleicht willkommen sein.

Es sind freilich alte, der Wissenschaft längst bekannte Dinge, die dem Leser hier vorgeführt werden. Warum aber nicht lieber Neues, neue Beobachtungen und Entdeckungen, oder doch solche Thatsachen, durch welche neue Entdeckungen angeregt, die Grenzen der Wissenschaft erweitert werden können? So fragt vielleicht Mancher, und ich weiß, so hat schon Mancher bei ähnlichen Veranlassungen gefragt. Aber ich meine, daß die Mittheilung solcher alten Dinge doch manchmal denselben und größeren Nutzen zu schaffen vermag, als neues Forschen. Ich meine, daß eine solche Verbreitung wissenschaftlicher Naturkenntniß im Volke, solche Belehrung über bisher unbeachtete Gegenstände durchaus nicht nutzlos sei, wenn sie klar sehen läßt, wo man bisher nur der Gewohnheit und dem Herkommen folgte, wenn sie die üblen Folgen der Unkenntniß hinwegnimmt und fähig macht, besonnen und denkend die Resultate der Forschung zu benutzen. Ich meine überhaupt, daß eine solche Einführung der Wissenschaft in das Volk einer Förderung und Er-

Digitized by Google

weiterung der Wissenschaft selbst ziemlich ähnlich sehen dürfte. Folgen wir also getrost dem Chemiker durch die verschiedenen Wandlungen, durch die er den Schwefel in Haus und Werkstätte einführt. Die neuen Erfahrungen und Entdeckungen, die wir dabei auf unsern nächsten Gebieten machen werden, dürften mancher neuen Entdeckung im Gebiete der Wissenschaft an Nutzen gleich kommen.

Unsere erste Frage ist jedenfalls: woher kommt eine so ungeheure Masse von Schwefel, daß ihm die Rolle eines solchen Lebenselementes für die Technik auch für die Zukunft gesichert bleibt. Unwillkürlich richtet sich unser Blick auf jene Feuerberge, die seit alten Zeiten für die Fund- und Geburtsstätten des Schwefels gelten, und die noch heute in vielen Gegenden den Namen der „Schwefelberge" führen. Aus den Kratern dieser Vulkane strömen noch beständig die weißen stechenden Dämpfe des Schwefels und der schwefeligen Säure; sie sind die ersten und natürlichen Schwefelfabriken, die durch gewaltige Gluth aus dem Innern der Erde, vielleicht durch Zersetzung von Schwefelverbindungen den Schwefel zur Oberfläche empor treiben. Schwefelwasserstoff entströmt noch den Spalten und Rissen der Lava, den Schlünden ausgebrannter Vulkane, den Höhlen vulkanischer Gegenden. Die Schwefeldämpfe schlagen sich nieder, und das Schwefelwasserstoffgas zersetzt sich; der abgeschiedene Schwefel bildet krystallinische oder faserige Ueberzüge, Krystall-

Digitized by Google

gruppen oder Stalaktiten, welche bald den Boden und die Wandungen dieſer Gruben und Krater bedecken, bald ſich dem aufgelockerten Geſtein beimengen oder es in Adern und Neſtern durchziehen, bald mit dem Sauerſtoff der Atmoſphäre verbunden, als Schwefelſäure die Baſen der zerſetzten Geſteine in Salze umwandeln. Wie unbedeutend auch dieſe Schwefeldämpfe im Vergleich zur Menge des Waſſerdampfes und der Kohlenſäure ſind, welche den Vulkanen entſtrömen, ſo beweiſt doch die Dicke der abgeſetzten Schwefelmaſſen, welche Bedeutung die Zeitdauer auch dem Geringſten zu verleihen vermag. In dem Krater des Purace bei Popayan in Columbia bilden ſich Schwefelrinden von 18 Zoll Dicke, und Holzſtücke erſcheinen nach wenigen Tagen von ſeinen Dämpfen mit Schwefelkryſtallen bedeckt.

Die Krater unſerer brennenden Vulkane alſo ſind es zunächſt, in denen unſer Schwefel, wenn auch nicht erzeugt, doch durch das Feuer aus der Tiefe emporgetrieben wird. Selten freilich iſt es vergönnt, in dieſe von glühender Lava und erſtickenden Dämpfen erfüllten Schlünde hinabzuſteigen. Gelingt es aber, ſo bietet ſich ein großartiger Anblick dar. Keiner dieſer vulkaniſchen Stätten dürfte indeß an ſchauerlicher Erhabenheit jenem Feuerſee gleichkommen, der ſich im Innern des größten Kraters der Welt, des Kilau-Ea auf Hawaii in der Südſee, befindet. Es iſt ein Keſſel von 2½ deutſchen Meilen Umfang und mehr

Digitized by Google

als 1000 Fuß Tiefe. Nur einige welke Grasbüschel keimen aus dem nackten, grauen, mit Bimssteinen bestreuten Boden, und nur in der feuchten Umgebung und zwischen den Wänden der Spalten, aus denen Schwefel- und Wasserdämpfe emporsteigen, wuchern üppige Farrn, grünt selbst unsere heimische Erdbeere. An dem einen Ende dieses unermeßlichen Kraters steigt ein dichter Rauch auf; es sind die Schwefeldämpfe des brennenden See's, dessen Flammen hier und da zwischen den dunkeln Rauchsäulen auflodern. Es ist ein prachtvolles Schauspiel, das sich hier entfaltet. Hoch oben die schneebedeckten, zackigen Gipfel der Riesenberge Mauna-Roa und Mauna-Kea, vom Strahl der aufgehenden Sonne vergoldet, tief unten in finsterer Nacht die helle Flamme des brennenden See's, die ihr Licht hoch an den schwarzen Lavawänden emporwirft! Und der Feuersee selbst — eine wogende Gluthmasse von $^2/_3$ deutschen Meilen im Umfange, deren Feuerwellen gegen die Ufer anstieben, wie die Wellen des Meeres, die sich gegen die Steine des Gestades brechen! Droben ist heller Tag, und hier unten glüht es blutroth, wie im Dunkel der Nacht. Für einen Augenblick erlischt das Feuer, die noch eben glühende Masse legt sich träge nieder und überzieht sich mit matter, grauschwarzer Rinde. Aber im nächsten Augenblicke birst diese Hülle wieder, die Feuerwoge bricht hervor und schleudert die Lavamassen aufwärts, wie die Meereswelle den Schaum, wenn sie sich wüthend über den

Digitized by Google

Ocean fortwälzt. Die Ufer dieſes See's, die Wände und Riſſe des Kraters ſind mit ungeheuren Schwefelmaſſen bedeckt, und ganz Europa würde hier mit Schwefel verſorgt werden können, wenn die Gewinnung nicht mit ſo vielen Gefahren, der Transport mit ſo vielen Schwierigkeiten verknüpft wäre.

Welche Mengen von Schwefel alſo auch noch beſtändig in den Feueressen unſerer Vulkane abgelagert werden, ſie eignen ſich ſelten zu Fundgruben für die induſtriellen Bedürfniſſe. Aber ſeit Jahrtauſenden ſchon war die innere Erdgluth in ähnlicher Weiſe thätig, und ſeit Jahrtauſenden ſchon ſchlummern die Flammen vieler Berge, und nur ihre Produkte lagern noch in den ehemaligen Kratern, auf den Fleiß des Menſchen wartend, daß er ſie in ſeine Arbeitsſtätten einführe. Auf den liparischen Inſeln, in dem prächtigen Krater des Vulcano, auf den „Schwefelbergen" und in den „Schwefelgruben" der kleinen Antillen, St. Vincent's, Martinique's, S. Lucie's, S. Chriſtoph's, Montſerrat's, auf den „Schwefelinſeln" Tanao-Sima und Jevo-Sima im Süden Japan's, in den Schwefelhöhlen der griechiſchen Inſel Milo, auf den Schlammkegeln der Inſel Trinidad und auf den Schwefelbergen und an den Schwefelquellen Island's und an ähnlichen Orten ſind die reichen Fundſtätten des Schwefels, die zum Theil ſchon ſeit alten Zeiten ausgebeutet wurden. Wichtiger aber als dieſe alle ſind jene nur noch durch Ausſtrömungen von Schwefelwaſſerſtoffgas ihren vulkaniſchen

Digitized by Google

Urſprung verrathenden alten Krater, auf deren Schwefelreichthum ſchon ihr Name — Solfataren oder Schwefelgruben — hindeutet. Sie ſind es, die Italiens Reichthum an Schwefel begründen, und die den menſchlichen Betriebfleiß anregten, ſeine Fabriken furchtlos mitten in Krater zu bauen, die noch vor wenigen Jahrhunderten Flammen ſpieen, und mit den Waſſerdämpfen der Vulkane ſeine Maſchinen zu ſpeiſen.

Dieſe Solfataren in den Kratern erloſchener Vulkane verdienen ganz beſondere Aufmerkſamkeit. In ihnen hat uns die Natur ſelbſt die großartigſten Schwefelfabriken bereitet. Wir dürfen ihre Produkte nur ausbeuten, um ſie für den großartigen Aufſchwung unſerer Induſtrie zu verwenden. Italiens Schwefelreichthum beruht in dieſen natürlichen Schwefelfabriken, den Solfataren von Pozzuoli und von Toskana, die jährlich gegen 20—30,000 Centner Schwefel, faſt ein Fünftel des Bedarfs der ganzen deutſchen Zollvereinsſtaaten, liefern. Zahlreiche, mit ſchwärzlichem, ſchlammigem Waſſer erfüllte Pfützen und Teiche ziehen ſich an den Abhängen des Hügellandes von Toskana hin. Das ſind die Lagoni von Toskana. Aus ihrem Schlammboden oder aus den Felsſpalten ihrer Umgebung ſteigen ſtoßweiſe oft unter dumpfem Getöſe heiße Dampfwolken hervor, die weithin die öde, jeder Vegetation unfähige Gegend in weiße, ſchwefelig riechende Nebel einhüllen. Mit dieſen heißen Waſſerdämpfen ſtrömen beſtändig reichliche Schwefelſäure- und

Digitized by Google

Schwefelwasserstoffdämpfe aus, die theils durch Zersetzung die Spalten mit dichtem Schwefel erfüllen und den Boden und die Felsen mit Schwefelkrusten überziehen, theils mit Gesteinen des Bodens Massen von Gyps und Beschläge von Alaun, Eisenvitriol, Bittersalz und Glaubersalz bilden. Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich bei den heißen Quellen von S. Filippo, von Ischia und von S. Germano am Aguano-See. Aber am reichlichsten quillt der Schwefel in den rauchähnlichen Dampfsäulen des alten Kraterbodens der Solfatara vom Pozzuoli. Unfern Neapel, fast unmittelbar am Meeresufer, steigt hier nach allen Seiten isolirt ein kegelförmiger Berg empor, dessen Gipfel eine geräumige, trichterförmige Einsenkung umschließt. Seine von Bimssteintuff gebildeten Wände und die Trachytconglomerate seines Bodens sind theils von schwefelsauren Dämpfen zernagt, kreideähnlich gebleicht und in Alaunerde umgewandelt, theils von lockern Schwefelbeschlägen überdeckt. Der Schwefelreichthum dieses erloschenen Kraters veranlaßte schon im Jahre 1687 die Gründung einer Fabrik zur Schwefelreinigung und Alaunbereitung, die aber schon nach 7 Jahren durch ein Erdbeben zerstört und erst in neuerer Zeit wieder hergestellt wurde. Die Lage dieser Fabrik mitten im Krater, dessen heißem, ausgebranntem Boden statt der Quellen nur die beständig brausende Dampfsäule entströmte, verursachte einen großen Aufwand, um das zum Betrieb nöthige Wasser herbeizu-

Digitized by Google

ſchaffen. Dieſem Uebelſtande ſuchte der berühmte Geolog Breislak durch eine eigenthümliche Einrichtung abzuhelfen, indem er die vulkaniſche Dampfſäule ſelbſt für die Zwecke ſeiner Fabrik ausbeutete. Wie man auf der waſſerarmen Inſel Pantellaria die aus dem Boden ſtrömenden Dämpfe durch vorgelegtes Strauchwerk auffängt und verdichtet, um Waſſer für die weidenden Ziegen zu gewinnen, ſo ſuchte Breislak auch die Dämpfe der Solfatare zu verdichten. Künſtlich wurden die Dämpfe in einem 50 Fuß hohen Thurm emporgeleitet, in deſſen Kuppel mehr als 200 lange Röhren angebracht waren. In dieſen Röhren vertheilten ſich die aufſteigenden Dämpfe, kühlten ſich ab und tropften als klares Waſſer herab, um in geräumigen Behältern geſammelt zu werden. So gewann Breislak einen künſtlichen Brunnen, der für ſeine Fabrik in je 24 Stunden über 80 Kbkfuß Waſſer lieferte.

Wie hier in den Kratern erloſchener Vulkane, ſo pflegt der Schwefel ſelbſt noch die letzten Spuren vulkaniſcher Thätigkeit zu begleiten. Mag es auch meiſt nur der Geruch ſein, welcher in jenen durch ihre erſtickenden Aushauchungen von Kohlenſäure bekannten Mofetten altvulkaniſcher Gegenden die Anweſenheit von Schwefelwaſſerſtoff anzeigt, ſo ſind doch an andern ſolchen Orten, wie bei S. Filippo, Pereta, Latera, Caſtelnuovo in Italien, bei Büdöshegy in Siebenbürgen, dieſe Ausſtrömungen ſo reichlich, daß ſelbſt Schwefelab-

Digitized by Google

lagerungen entstehen. Dies häufige Vorkommen gasförmiger Ausströmungen von Schwefelwasserstoff ist wahrscheinlich der Grund, weshalb auch Quellwasser sich oft in der Tiefe damit sättigen und als Schwefelwasser hervortreten. Manche dieser besonders in der Schweiz und den Pyrenäen häufig auftretenden Quellen, wie die von Aachen, Barèges, Bagnères und Abano sind so reich an Schwefelwasserstoff, daß ihr Gasgehalt bis zu 15 Kbzoll in 16 Unzen Wasser erreicht. Wenn sie an die atmosphärische Luft treten, so pflegt sich ihr Schwefel abzusetzen und bildet dann in Verbindung mit einigen Salzen, Kochsalz, Glaubersalz, Bittersalz und kohlensaurer Kalk- und Talkerde den bekannten Badeschlamm. Dieser Absatz erreicht bisweilen eine so beträchtliche Ausdehnung, daß man Stollen, durch welche solche Schwefelquellen flossen, mehre 100 Fuß weit ganz durch schlammigen Schwefel verkittet fand. Die Schwefelwasser von Baden-Baden setzen in den Leitungsröhren unter der Erde und an ihrer Mündung an der atmosphärischen Luft einen Badeschlamm ab, der bis 90 Procent Schwefel enthält. Bei der Kaiserquelle von Aachen hat man sogar unter dem großen Steine, der sie bedeckt, und der alle 10 bis 20 Jahre abgenommen wird, schon mehr als 2 Centner des reinsten Schwefels abgesetzt gefunden. Der Absatz des Schwefels geschieht hier jedenfalls in ganz ähnlicher Weise, wie in der Solfatare von Pozzuoli. Dort bilden sich in dem heißen Schwefelwasserstoffgase beständig klare Wassertropfen,

welche feine Schwefeltheile enthalten, die ſich allmälig zu kryſtalliniſchen Ueberzügen, moosähnlichen Gruppen und Stalaktiten vereinigen. Offenbar wird hier das Schwefelwaſſerſtoffgas zerſetzt und, indem ſich ſein Waſſerſtoff mit dem Sauerſtoff der Luft zu Waſſer verbindet, der Schwefel ausgeſchieden.

Solche Schwefelwaſſerſtoffdämpfe, die vielleicht vor Jahrtauſenden noch häufiger aus dem Erdinnern heraufdrangen, konnten natürlich auch auf die Geſteine, welche ſie durchſtrichen, nicht ohne Einwirkung bleiben. Sie verwandelten ſich allmälig in Schwefelſäure und zerſetzten nun theilweis die Geſteine, namentlich den Kalkſtein, den ſie in Gyps umwandeln. Solchen Vorgängen in der Vorzeit hat vielleicht Sicilien ſeine außerordentlichen Schwefelſchätze zu verdanken. In den Kalk- und Thongebirgen ſeiner Südküſte und ſeines Innern treten hier, begleitet von mächtigen Gypsſtöcken und oft über 50 Fuß hohen Steinſalzblöcken, Schwefelmaſſen auf, welche oft mehr als klafterdick die innern Klüfte und Höhlungen erfüllen und oft bis in unbekannte Tiefen niederſetzen. Dieſe ſchwefelreichen, dort Solfare genannten Klüfte waren vielleicht einſt die Leitungskanäle der verſiegten Fumarolen. Auch der Thon iſt hier ſo von Gyps und Schwefel durchdrungen und durchwachſen, daß man letzteren durch Ausſchmelzen in Oefen gewinnen kann. Dieſe Solfare machten ſeit alter Zeit Sicilien zum mächtigſten Schwefelmarkt Europa's, dem es im Jahre 1852 allein 1890000 Cent-

Digitized by Google

ner Schwefel zuführte. Auch in Spanien, namentlich in der Nähe von Trafalgar, in Galizien bei Swoszowice, in Kroatien bei Radoboy und an andern Orten kommen ſolche Schwefelablagerungen beſonders auf Quarzlagern im Glimmerſchiefer, in Uebergangskalken und in Steinſalz führendem Gyps vor.

Alle dieſe doch immer nur vereinzelt auftretenden Erſcheinungen des Schwefels ſind nichts im Vergleich zu der außerordentlichen Verbreitung, welche er in ſeinen Verbindungen mit den mannigfachen Metallen und in den Verbindungen der Schwefelſäure mit metalliſchen Oxyden und Erden einnimmt. Ob auch dieſe Schwefelmetalle, die dem Bergmann als Kieſe, Glanze und Blenden bekannt ſind, großartigen, vulkaniſchen Proceſſen der Vorzeit ihr Entſtehen danken, bleibe dahingeſtellt. Jedenfalls entſtehen ſie noch heute, wo in Quellen oder bergmänniſchen Gruben Schwefelwaſſer mit metalliſchen Auflöſungen zuſammenkommen; und wo Eiſenwaſſer ſich mit einem Waſſer miſcht, das außer einem ſchwefelſauren Salz organiſche Subſtanzen enthält, ſetzt ſich noch heute Schwefelkies ab. Die freie Schwefelſäure ſelbſt iſt freilich nur eine ſeltene Erſcheinung in vulkaniſchen Gegenden, wie beim Vulkan Idienne auf Java und beim Purace bei Popayan, wo ſie im Rio Vinagre $^1/_{10}$ Proc. des Flußwaſſers ausmacht. Deſto häufiger bilden die ſchwefelſauren Salze Beſtandtheile unſerer Erdrinde ſowohl als der Quellen, die ſie durchbrechen. Glauberſalz, Bitterſalz, Gyps und Alaun

Digitized by Google

fehlen faſt keinem Mineralwaſſer und finden ſich oft ſelbſt in gewöhnlichen Quellwaſſern, und ſelbſt die Vitriole, wie man die ſchwefelſauren Salze einzelner Metalle, des Kupfers, Eiſens, Zinks nennt, kommen in Grubenwaſſern und vulkaniſchen Quellen vor.

Aber nicht auf das Reich der ſtarren Steine und Erze iſt die Verbreitung des Schwefels beſchränkt; in Quellen und Regenwaſſer aufgelöſt, geht er mit der Nahrung aus dem Boden im ewigen Kreislauf der Stoffe auch in das Reich des Lebens, in den Organismus der Thiere und Pflanzen über. Grade die wichtigſten Beſtandtheile der Thier- und Pflanzenorganismen, die Eiweißkörper, enthalten Schwefel, wenn auch in zu geringer Menge, um für die Induſtrie eine Bedeutung zu gewinnen, doch unverkennbar genug, um zu zeigen, wie tief der Schwefel ſelbſt in das Leben einzugreifen vermag. Alle eiweißartigen Thierſtoffe, nicht die Eier allein, auch das Blut, die Haare, das Fleiſch, der Urin und unter den Pflanzen gerade die eiweißreichſten und darum die nahrhafteſten Samen, wie Erbſen, Bohnen, Linſen, und die durch ihren ſcharfen Geſchmack ausgezeichneten Samen und Wurzeln, wie Senf und Meerrettig, ſind es, in denen der Schwefel einen weſentlichen Beſtandtheil bildet. In ihrer Fäulniß verrathen ſie dieſen Gehalt durch den Geruch des ſich entwickelnden Schwefelwaſſerſtoffgaſes, in einzelnen Fällen ſelbſt, wie bei Jahre lang liegenden alten Schutt- und Kothhaufen, durch Bildung kleiner Schwefelkryſtalle.

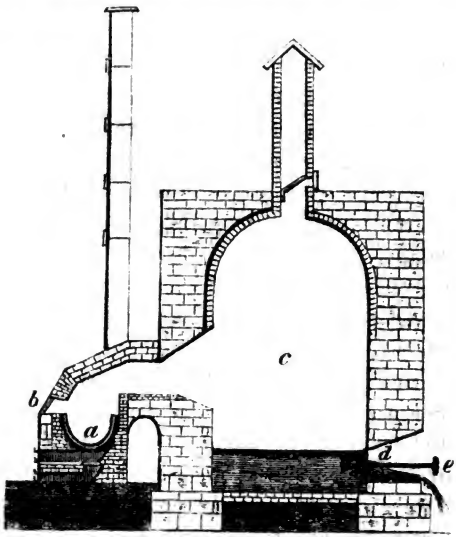
Digitized by Google

Bei einer so allgemeinen Verbreitung des Schwefels durch die ganze Natur kann es uns nicht länger unbegreiflich bleiben, wie die Industrie auch den außerordentlichsten Bedarf an diesem Material zu decken vermag. Wir müssen uns aber jetzt an die Technik wenden, um zu ersehen, wie sie dies von der Natur gebotene Material für die Zwecke der Industrie geschickt macht. Denn selten ist ein Material, roh, wie die Natur es liefert, fähig, in die große Welt der Industrie einzutreten; die Kunst erst muß es veredeln, reinigen von den Schlacken und dem Schmutze seines Herkommens. Jedes Rohmaterial ist unrein, d. h. vermischt mit fremden Substanzen, die theils seine Wirkung in der Anwendung beeinträchtigen, theils schädliche und gefährliche Nebenwirkungen veranlassen. Der Fabrikant, der darauf nicht achtet, gelangt nie zu einer Sicherheit seiner Resultate. Es geht ihm, wie dem Rechner, der unbekannte Größen in seine Rechnung aufnahm, und dem seine Aufgabe unlösbar bleibt, so lange es ihm nicht gelingt, diese Unbekannten zu entfernen. Denn in der Mathematik können die Gesetze nicht bestimmter sein, als in der Chemie; Zahlen regieren hier wie dort, und ein Zuviel oder Zuwenig kann den Bestand einer Fabrik auf das Spiel setzen.

Ein Haupterforderniß für die technische Anwendung des Schwefels ist also seine Reinigung, d. h. seine Befreiung von allen ihm von Natur anhängenden fremden Stoffen, seien sie mit ihm nur mechanisch ge-

Digitized by Google

mengt oder chemiſch verbunden. Auch der reinſte, an vulkaniſchen Orten gegrabene Schwefel iſt wenigſtens von erdigen Beimengungen nicht frei. Hier kommt dem Techniker die leichte Schmelzbarkeit des Schwefels zu Hülfe. Schon bei einer Temperatur von 108—111° C.



Ein Schwefelofen zur Reinigung des Schwefels.

ſchmilzt der Schwefel zu einer hellgelben, dünnen Flüſſigkeit und behauptet ſich in dieſem Zuſtande, ohne ſich zu entzünden, bis zu einer Temperatur von 150—160°. Schmilzt man alſo den rohen Schwefel in guß-

Digitized by Google

eisernen Kesseln, so setzen sich die erdigen Unreinigkeiten am Boden ab, und man kann den flüssigen, reinen Schwefel mit Löffeln abschöpfen oder abgießen. Freilich enthalten auch diese Rückstände noch eine Menge Schwefel, und aus ihnen sowohl, wie aus den meisten ärmeren Schwefelerzen würde durch bloße Schmelzung nicht leicht eine vortheilhafte Gewinnung des Schwefels möglich sein. Aber eine neue Eigenschaft des Schwefels kommt hier zu Hülfe, seine Flüchtigkeit. Noch ehe er vollständig geschmolzen ist, beginnt er bereits zu verdampfen, und beim Abschluß der Luft bis zu 400° C. erhitzt, kocht er sogar, bildet einen orangefarbenen Dampf und destillirt, wie Wasser oder Weingeist, unverändert über, während seine erdigen Beimengungen im Tiegel oder in der Retorte zurückbleiben. Darauf beruht die Einrichtung der Schwefelöfen, welche die Abbildung zeigt, in denen man im Großen die Reinigung des Schwefels vorzunehmen pflegt. Die aufsteigenden Dämpfe des in einem gußeisernen Kessel (a) erhitzten Schwefels werden hier durch einen besondern Kanal in eine geräumig gemauerte Kammer (c) geleitet, in deren kalter Luft und an deren kalten Wänden sie sich zu einem zarten krystallinischen Pulver, wie etwa der Wasserdampf unter dem Gefrierpunkte zu Schnee, verdichten. Dieses feine Schwefelpulver kommt unter dem Namen der Schwefelblumen (flores sulphuris) in den Handel, während die kaum noch etwas Schwefel enthaltenden thonigen Rückstände in Kugeln geformt als Roßschwefel verkauft

Digitized by Google

werden. Wird aber, wie es meiſt geſchieht, die Arbeit fortgeſetzt, der verdampfte Schwefel im Keſſel ſtets durch neuen erſetzt, ſo erhitzt ſich allmälig die Kammer, an welche der Schwefeldampf bei der Verdichtung ſeine Wärme abgiebt, ſo daß der ſchon darin vorhandene pulverförmige Schwefel ſchmilzt, und die Schwefeldämpfe ſich nur noch zu tropfbarflüſſigem Schwefel verdichten. Durch eine während der Deſtillation von einem langen eiſernen Stöpſel (e) verſchloſſene Oeffnung (d) wird endlich der ſich am Boden ſammelnde flüſſige Schwefel abgelaſſen. Ueber eine durch Kohlen erwärmte Rinne fließt er in feuchte hölzerne Formen, aus denen er nach dem Erkalten leicht herausgeſtoßen wird. So bildet er den als Stangenſchwefel bekannten Handelsartikel. Statt des Keſſels werden auch häufig Tiegel angewendet, die reihenweis in einem niedrigen gewölbten Ofen ſtehen und mit eiſernen Helmen oder mit Thonſcheiben bedeckt ſind, deren Anſatzröhren in eine Vorlage führen, aus der man den verdichteten Schwefel in beſondere Gefäße zum Erkalten abfließen läßt.

Wie reich aber auch einzelne vulkaniſche Gegenden durch das Vorkommen natürlichen gediegenen Schwefels geſegnet ſind, ſo haben wir doch geſehen, daß dies Vorkommen immer nur ein vereinzeltes und nichts im Vergleiche zu dem der verſchiedenen Verbindungen des Schwefels mit Metallen iſt. Bei dem außerordentlichen Bedarf der Induſtrie mußte man daher auch darauf bedacht ſein, den Schwefel aus dieſen häufigeren und

Digitized by Google

allgemein verbreiteten Erzen zu gewinnen. Möglich wird dies durch den eigenthümlichen, auch bei andern Stoffen vorkommenden Umstand, daß der Schwefel fähig ist, sich in mehreren, ganz verschiedenen Verhältnissen mit Metallen zu verbinden. Besonders reiche Schwefelverbindungen oder hohe Schwefelungsstufen der Metalle zerlegen sich dann in der Hitze, indem sie sich auf eine niedrige Schwefelungsstufe reduciren und einen Theil des Schwefels frei geben. Besonders reich an Schwefel ist ein sehr häufig vorkommendes Schwefeleisen, der Schwefelkies, der beim Erhitzen in verschlossenen Räumen, gewöhnlich in eisernen Röhren, fast die Hälfte seines Schwefels abgiebt und als Rückstand ein niederes Schwefeleisen, die sogenannten Schwefelabbrände, hinterläßt. Häufig bewirkt man diese Erhitzung zur Ersparung von Brennmaterial unter Zutritt der Luft. Man röstet die Erze. Zu diesem Zwecke schichtet man den Schwefelkies in Haufen über einander und entzündet die unterste Lage durch Holz. Beim Luftzutritt verbrennt nur der Schwefel der untern Schwefelkiesschicht, und die dadurch entwickelte Hitze treibt den Schwefel aus den oberen Schichten aus. Der Schwefeldampf verdichtet sich an der Oberfläche des Haufens und sammelt sich flüssig in einzelnen Vertiefungen oder, wenn das Rösten in besonderen Oefen geschah, als Mehlpulver in seitwärts angebrachten Kanälen oder Kammern.

Jetzt erst, nachdem er diese Oefen und Kammern verlassen, ist der Schwefel geeignet, in die industrielle

Digitized by Google

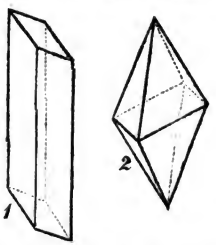
Welt einzutreten. Er ist rein, für den Techniker wenigstens. Freilich enthält er noch manche fremde Beimischung. Den Schwefelblumen hängt noch Schwefelsäure an, von denen sie für den medicinischen Gebrauch erst durch vieles Waschen mit warmen Wasser befreit werden müssen. Fast aller Schwefel enthält überdies einen andern weit gefährlicheren Stoff, das Arsenik. Längeres Waschen mit verdünnter Ammoniakflüssigkeit nimmt endlich auch diese üble Verunreinigung hinweg und gibt uns nun das Recht, den Schwefel als völlig rein zu betrachten.

Der Schwefel liegt jetzt rein vor uns, neugeboren durch die Kunst des Menschen. Ehe wir ihn den chemischen Processen übergeben, die ihn im Dienste der Industrie wieder zur Unkenntlichkeit entstellen werden, wollen wir seine ursprüngliche Natur einen Augenblick näher betrachten.

Als ein hellgelber, fester Körper ging der Schwefel aus dem Reinigungsprocesse des Schwefelofens hervor, und weder durch Geruch noch Geschmack können wir ihm irgend eine unterscheidende Eigenthümlichkeit abgewinnen. Dieser Umstand deutet uns freilich darauf hin, daß der Schwefel weder bei gewöhnlicher Temperatur flüchtig ist, verdampft, noch in dem wässrigen Speichel unsres Mundes, also wohl im Wasser überhaupt sich auflöst. Denn nur flüchtige Stoffe können von den zarten Nerven unsrer Nasenschleimhaut, nur

Digitized by Google

lösliche Stoffe von den Geschmacksnerven unserer Zunge und Gaumen empfunden werden. Auch seine Gestalt zeigt nichts Besonderes, mögen wir das feine Schwefelpulver der Schwefelblumen, oder die derbe, innen strahlige Masse des Stangenschwefels betrachten. Dennoch soll ja, wie die Wissenschaft lehrt, jedem Stoffe von Natur eine eigenthümliche Gestalt zukommen, eine Krystallgestalt, die noch schärfer und gleichmäßiger bestimmt sein soll, als die in der Lebenswelt für die Unterscheidung so wichtigen Pflanzen- und Thierformen. Freilich ist der uns von den Fabriken gelieferte Schwefel schon ein Kunstprodukt; die natürliche Form kann also in ihm schon zerstört oder verhüllt sein. Wir können indeß zur Natur zurückkehren, die uns in den vulkanischen Heerden, wie wir hörten, ja oft die prachtvollsten Schwefelkrystalle liefert. Hier sind es jene spitzen, vierseitigen Doppelpyramiden mit rhomboidischer Grundfläche, die der Mineralog als Rhombenoctaëder bezeichnet (siehe Fig. 2). Es sind dieselben Krystallformen, welche bei mikroskopischer Betrachtung auch die kleinen Körner der Schwefelblumen besitzen, ein deutlicher Beweis, daß die natürlichen Schwefelbeschläge wenigstens zum Theil in ganz ähnlicher Weise durch Niederschläge aus heißen Dämpfen sich bildeten.



Digitized by Google

Ihre natürliche Form nehmen die Stoffe überhaupt nur an, wenn sie, sei es durch Natur oder Kunst, neu geboren werden, wenn sie aus flüssigem Zustande, sei es aus dem feurigen Flusse der Schmelzung oder aus der Auflösung chemischer Verbindungen, ungehindert in fester Gestalt sich ausscheiden. Die Natur selbst können wir nicht immer in ihren Bildungsprocessen belauschen, weil sie oft, wie hier, die Feuerschlünde des vulkanischen Erdinnern umschließen. Aber die Kunst bringt an das Licht, was die Natur verhüllt. Zwar ist der Schwefel ein hartnäckiger Körper, der aller Verbindung mit unsern gewöhnlichen Flüssigkeiten eigensinnig widerstrebt, der sich weder in Wasser noch in Säuren löst. Aber die Chemie weiß auch diesen Trotz zu brechen, weiß Flüssigkeiten zu finden, in denen selbst der starre Sinn des Schwefels schmilzt. Alkohol, Aether, fette und ätherische Oele, besonders aber Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel, auch Aetzlauge sind es, die den Schwefel mehr oder minder leicht auflösen. Verdunstet eine solche Auflösung des Schwefels, namentlich eine in Schwefelkohlenstoff, langsam an der Luft, so scheidet sich der Schwefel wieder aus und zwar, weil er den Gefährten, der seinen flüssigen Zustand vermittelte, verlor, in fester Gestalt. Er wird neu geboren und erscheint darum in der reinen Urform des Krystalls. In der That ist die Gestalt dieses aus chemischen Auflösungen krystallisirenden Schwefels dieselbe spitze Octaëderform, wie sie die natürlichen Schwefelkrystalle der

Digitized by Google

Vulkane zeigen, und oft mag in der Natur wirklich derselbe Proceß einer Ausscheidung aus Schwefelverbindungen, namentlich aus Schwefelwasserstoff, die Wiedergeburt des Schwefels bezeichnen.

Ein noch kräftigeres Mittel, den Starrsinn der Stoffe zu brechen, besitzt der Chemiker in dem Feuer. Durch die Kraft des Feuers unterwirft er ja die harten Metalle dem Dienste der Kunst und der Gewerbe. Mit Zuversicht spricht der Chemiker es aus: es gibt keinen Stoff, der an sich starr wäre; für jeden Stoff besteht ein gewisser Wärmegrad, bald höher, bald tiefer, bei dem er in Fluß geräth; jeder Stoff fließt, gleichviel ob bei —40° C. wie das Quecksilber, bei 0° wie das Wasser, bei 1900° C. wie das Eisen oder gar bei einer für alle unsere künstlichen Wärmemittel bisher unerreichbaren Temperatur wie der Kohlenstoff des Diamants. Daß der Schwefel zu den leicht schmelzbaren Stoffen gehört, haben wir bereits gesehen. Er schmilzt bei 112° C. zu einer gelben, ölartigen Flüssigkeit. Läßt man diese langsam erkalten und durchstößt man noch besser die sich zuerst an der Oberfläche bildende starre Schwefelkruste, um den noch flüssigen Schwefel auszugießen, so findet sich der innere hohle Raum nach der Erkaltung mit den prachtvollsten Schwefelkrystallen bekleidet. Aber siehe da, das sind nicht mehr dieselben Gestalten, die wir am natürlichen Schwefel erkannten und aus den verdunstenden Auflösungen sich wieder bilden sahen, es sind neue, fremdartige Formen, lange, glän-

Digitized by Google

zende, ſchiefe Säulen mit rhombiſcher Grundfläche, wie ſie Fig. 1 zeigt. Dieſes Auftreten eines und deſſelben Stoffes in zwei durchaus verſchiedenen Kryſtallgeſtalten je nach der Art ſeiner Geburt, aus dem feurigen Fluſſe oder aus der Auflöſung, iſt eine Erſcheinung, die der Chemiker als eine gar nicht ſeltene im Reiche der Stoffe kennt, und die er als Dimorphie bezeichnet.

Ein neues Wunder wird uns im Formenleben des Schwefels begegnen, wenn wir die Erhitzung des geſchmolzenen Schwefels fortſetzen. Schon bei einer Temperatur von 160° C. fängt die klare, gelbe Flüſſigkeit an röthlich zu werden, bis ſie bei 220° — 250° C. rubinroth und ſo zähe wird, daß man das Gefäß umkehren kann, ohne daß der Schwefel ausfließt. Läßt man ihn in dieſem zähen Zuſtande ſchnell in Waſſer erkalten, ſo bleibt er noch eine Zeit lang ſo lederartig weich und elaſtiſch, daß man ihn zum Abdrücken und Abklatſchen von Medaillen ꝛc. gebrauchen kann. Dieſer eigenthümliche, glas- oder harzähnliche Zuſtand des Schwefels, der eigentlich ein geſtaltloſer iſt und darum auch vom Chemiker amorph genannt wird, iſt wieder eine Erſcheinung, die uns häufig im Leben der Stoffe entgegentritt. Gummi, Pech, Leim kommen dieſem lederartigen Zuſtande des Schwefels am nächſten, aber auch das Glas und der Zucker in Geſtalt von Bonbons ſind ganz dieſelben Erſcheinungen. Allerdings iſt dieſer geſtaltloſe Zuſtand als ein unnatürlicher nur ein vorübergehender. Das Streben nach Geſtaltung lebt in

Digitized by Google

dem Stoffe fort und ſchafft dem Kryſtalliſationsproceſſe allmälig wieder Geſtaltung. Selbſt das harte Glas wird, namentlich in der Hitze, allmälig wieder undurchſichtig, ſtrahlig, porzellanartig, und der Bonbon verwandelt ſich ſchon nach einigen Tagen wieder in undurchſichtigen, körnig-kryſtalliniſchen Zucker. Auch der Schwefel behauptet ſeinen zähen Zuſtand nur auf kurze Zeit; er wird allmälig wieder feſt und gelb. Daß es überhaupt nur ein Zwiſchenzuſtand iſt, beweiſt uns die weitere Erhitzung des zähflüſſigen Schwefels, der ſchon bei 250° C. wieder beginnt heller und dünnflüſſiger zu werden und am Ende kurz vor ſeinem Siedepunkte, bei 420° C., ganz zu jenem Flüſſigkeitszuſtande zurückkehrt, den er beim Beginne der Schmelzung zeigte.

Der Schwefel ſchmilzt aber nicht allein, er ſiedet auch und verflüchtigt ſich in Dampfgeſtalt. Darauf beruhte ja eben ſeine Reinigung durch Sublimation und Deſtillation. Die Schwefeldämpfe wurden in kalte Räume geleitet, in denen ſie ſich als zartes Pulver oder geſchmolzen niederſchlugen und ſo die Schwefelblumen, den ſublimirten Schwefel, oder den Stangenſchwefel, den deſtillirten, lieferten. In dieſem Dampfzuſtande iſt es ganz beſonders, wo der Schwefel ſeine Iſolirtheit, ſeine gleichgültige Kälte gegen alles Fremde aufgiebt, wo die Neigung in ihm erwacht, ſich mit verwandten Stoffen zu vereinigen. Die meiſten Metalle, namentlich Eiſen, Kupfer und Silber, verbrennen, d. h. verbinden ſich mit dem Schwefel im Schwefeldampfe,

Digitized by Google

und prächtige Feuererscheinungen begleiten die Geburt der Schwefelmetalle.

Erwacht aber in dem Schwefeldampfe diese Neigung oder Verwandtschaft selbst zu den starren Metallen, kann sie ewig schlummern gegen jenen Bestandtheil unsrer atmosphärischen Luft, der sonst so mächtig in den Kreislauf der Stoffe eingreift, dem nichts widersteht im Laufe der Zeit, selbst das glänzende Metall nicht, der selbst an unsrem Leibe nagt und alles Leben der Pflanzen und Thiere zu einem ewigen Verbrennen macht, gegen das Lebenselement der Flamme, gegen den Sauerstoff? Auch der Schwefel widerstrebt ihm nicht, auch der Schwefel verbrennt. Lange zuvor, ehe er kocht, ja ehe er noch schmilzt, beginnt er bereits zu verdampfen, und da dieser Dampf der Träger der Verwandtschaft wie zu den Metallen so auch zum Sauerstoff ist, so ist mit seiner Entwicklung auch die Bedingung zur Entzündung, und zur Verbrennung gegeben. Er entzündet sich schon bei 293° C. und verbrennt mit blauer Flamme. Gegen diese Entzündung konnten wir den erhitzten Schwefel nur schützen, indem wir seine Erhitzung in verschlossenen Räumen, zu denen der Sauerstoff der Luft keinen Zutritt fand, vornahmen. Sie geschah in Retorten, in bedeckten Tiegeln oder Kesseln. Dieser Entzündung ist er aber, eben wegen seiner großen Flüchtigkeit, in freier Luft leicht ausgesetzt, leichter als die meisten andern Stoffe. Dies machte ihn schon seit langer Zeit vorzugsweise geeignet zum Zündmittel für unsre Feue-

Digitized by Google

rungen. Zwar reicht ſchon der Schlag des Stahles gegen den Feuerſtein hin, um die abſpringenden Stahlſtückchen zum Glühen und durch dieſe die fein zertheilte Kohle des Zunders oder des Feuerſchwammes zum Glimmen zu bringen; aber erſt der Schwefelfaden wird durch den glimmenden Schwamm wirklich entflammt, und erſt durch ſeine Flamme gelingt es, Stroh oder Holz und mit deſſen Hülfe endlich auch die ſchwerentzündlichen Kohlen in Brand zu ſetzen. Auch bei unſern Schwefel- und Zündhölzchen wird nur die erſte Entzündung durch andere Stoffe, bei jenen durch chlorſaures Kali in Berührung mit Schwefelſäure, bei dieſen durch Reibung einer Miſchung von Phosphor mit Salpeter oder Braunſtein bewirkt; aber die Mittheilung der Flamme an das Holz geſchieht auch hier noch meiſt durch den Schwefel. Durch dieſe leichte Entzündlichkeit des Schwefels iſt endlich auch ſeine Anwendung im Schießpulver bedingt. Salpeter und Kohle geben allerdings die bedeutenden Gasmengen von Stickſtoff und Kohlenſäure, deren gewaltige Ausdehnung die wirkende Kraft des Pulvers begründet; aber der Schwefel entzündet ſie erſt und bindet zugleich den einzigen feſten und darum hinderlichen Rückſtand derſelben, das Kalium des Salpeters. Der Schwefel macht dem Gewichte nach etwa 12 Prozent des Schießpulvers aus, und daraus begreift ſich die außerordentliche Wichtigkeit ſchwefelreicher Länder, wie Siciliens, für kriegführende Nationen, wenngleich die Bedeutung des Schwefels für die Induſtrie, die

Digitized by Google

wir noch kennen lernen werden, ein Ausfuhrverbot, wie es die neapolitaniſche Regierung im vorigen Jahrzehnt erließ, noch weit empfindlicher, ja geradezu unerträglich macht.

Wir wiſſen bereits, daß das Verbrennen eines Körpers nichts iſt als die Erſcheinung eines chemiſchen Prozeſſes, den die Gluth heftigen Verlangens in das glänzende Gewand der Flamme kleidet. Im gewöhnlichen Leben pflegen wir mit Verachtung von den Reſultaten dieſes Proceſſes zu ſprechen, und verbrannt gilt uns für gleichbedeutend mit vernichtet und verloren. Freilich ſehen wir den verbrennenden Körper gewöhnlich mit der Flamme verſchwinden, in Rauch und Dampf aufgehen; nur der Proceß des Verbrennens ſelbſt iſt uns werth, die Wärmeentwicklung, die ihn begleitet, nicht ſein Endziel, ſein Produkt. Anders urtheilt der Chemiker. Ihm gilt der Proceß nur durch das, was er ſchafft. Ihm entſchwindet kein Stoff, er verfolgt ihn durch die Flamme hindurch bis in ſeine unſichtbaren Verwandlungen, in Rauch und Dampf. Wenn der brennende Schwefel ſonſt nur durch den ſtechenden Geruch ſeines Dampfes unſre Naſen verletzte und unſre Luftröhre zum Huſten reizte, ſo findet der Chemiker in ihm den verbrannten Schwefel wieder, innig verbunden mit dem Sauerſtoff der Luft. Er fängt ſorgfältig dieſe Dämpfe in einem Glasgefäße auf, und er findet eine völlig farbloſe Luft, die mit großer Begier von dem Waſſer

Digitized by Google

aufgesogen wird und diesem einen sauren Geschmack ertheilt. Es ist in der That eine Säure, die wir hier als Verbrennungsprodukt des Schwefels erkennen, die schweflige Säure.

Das Wesen einer Säure spricht sich am deutlichsten in ihrer Neigung zur Salzbildung aus, d. h. zur Verbindung mit Metalloxyden oder diesen entsprechenden organischen Stoffen. Ist diese Neigung stark genug, so vermag die Säure sogar zu ihrer Befriedigung alte bestehende Verbindungen aufzulösen, Salze zu zersetzen, organische Körper zu zerstören. Die schweflige Säure verräth sich danach freilich als eine sehr schwache Säure. Kaum vermag sie aus der Soda die flüchtige Kohlensäure zu vertreiben, um mit dem befreiten Natron ein Salz zu bilden, und in allen Salzen, die sie bildet, ist das Band, das sie mit den Basen verknüpft, so schwach, daß die meisten Säuren es leicht zerreißen. Aber trotz dieser Schwäche greift sie dennoch kräftig in den Verband der organischen Stoffe ein. Ganz besonders sind es hier die Farbstoffe, mit denen sie Verbindungen eingeht, und eine wichtige Eigenthümlichkeit dieser Verbindungen ist, daß sie farblos sind. Darin beruht die bleichende Kraft der schwefligen Säure. Farbige Pflanzen- und Thierstoffe, Stroh, Wolle, Seide, Darmsaiten werden in schwefligsauren Dämpfen oder in ihrer wässrigen Auflösung vollkommen gebleicht. Das rothe Rosenblatt wird weiß, und selbst das Blau des Blauholzes verschwindet gänzlich. Aber der Farb-

ſtoff iſt ſo wenig vernichtet, als die ſchweflige Säure ſelbſt. Beide ſind in ihrer Verbindung vorhanden, und beide kommen wieder zum Vorſchein, ſobald dieſe Verbindung getrennt wird. Dieſe Trennung geſchieht aber durch jede ſtärkere Säure, wie durch ein kräftiges Alkali. Einige Tropfen Schwefelſäure ſtellen das Blau der entfärbten Blauholzflüſſigkeit wieder her, und einige Tropfen Kalilauge geben der gebleichten Roſe ihr friſches Roth zurück.

Dieſe wunderbare bleichende Eigenſchaft der ſchwefligen Säure konnte natürlich nicht lange der induſtriellen Anwendung fern bleiben. Der Fabrikant, der Wolle und Seide zu Zeugen, Stroh zu Geflechten verarbeiten ſoll, muß vor allem dieſe Stoffe von den häßlichen grauen und gelben Farben ihres rohen Zuſtandes befreien. Darum hängt er dieſe Stoffe in möglichſt luftdichten hölzernen Kammern auf, um ſie der bleichenden Wirkung der ſchwefligen Säure auszuſetzen. Manche Hausfrau thut daſſelbe im Kleinen mit ihren wollenen Röcken, die ſie über Fäſſer oder Kaſten aufhängt, auf deren Boden Schwefelfäden brennen. Sie dürfen dies um ſo ſicherer thun, weil die ſchwefelige Säure ihre Stoffe nicht zerſtört. Freilich würde Gefahr drohen, wenn dieſe Säure nicht beſtändig wäre, wenn ſie allmälig in eine andere, kräftigere Säure überginge. In trockenem Zuſtande geſchieht dies in der That nicht, wohl aber im feuchten, in Gegenwart von Waſſer. In der ſchwefligen Säure ſchlummert nämlich noch eine

Digitized by Google

außerordentliche Verwandtſchaft zum Sauerſtoff, und dieſe erwacht bei der Berührung mit Waſſer. Sie zerſetzt das Waſſer, um ihm den Sauerſtoff zu entziehen, und bildet ſo eine ſauerſtoffreichere und darum kräftiger wirkende Säure, die als ſo zerſtörend bekannte Schwefelſäure. Unvorſichtiges Schwefeln naſſer Zeuge kann darum leicht zu einer allmäligen Zerſtörung, ſtatt zu einer Bleichung führen.

Welche Leſerin denkt wohl daran, wenn ſie ſich in ihre blendend weißen wollenen Shwals oder ſeidenen Kleider hüllt, oder wenn ſie den weißen Strohhut auf die Locken drückt, daß ſie jene häßliche Luftart, die das brennende Schwefelholz erzeugt, mit ſich herumträgt! Freilich iſt dieſe Luftart hier verdichtet, feſtgeworden mit dem Farbſtoff, den ſie gebunden. Daß eine Luft feſt werden könne, wird die Leſerin allerdings etwas ſchwerbegreiflich finden. Indeß darf ſie dabei nur an die Kohlenſäure denken, die ſie in ſo ungeheurer Menge aus einem Stückchen Kreide durch Eſſig entwickeln kann, oder an den Waſſerdampf, der ſich zu wenigen Waſſertropfen verdichtet. Luftförmige Zuſtände ſind ja in der Natur ebenſo wenig bleibende, als flüſſige und feſte. Nur auf äußere Bedingungen kommt es an, auf Druck, Temperatur u. ſ. w., ob ein Körper ſich in dem einen oder andern Zuſtande zeigen ſoll. Durch ſtarken Druck und durch Erkältung iſt es darum dem Chemiker gelungen, auch das flüchtige, unſichtbare Gas der ſchwefligen Säure in ſeinen

Digitized by Google

flüſſigen Zuſtand hinüberzuführen und es als eine farbloſe, durchſichtige, ſehr bewegliche Flüſſigkeit darzuſtellen. Freilich iſt dieſer Zuſtand nur ein gewaltſam erzwungener, der leicht wieder verlaſſen wird. Schon bei — 10° C. beginnt dieſe Flüſſigkeit zu ſieden, und ihre Verdampfung erfolgt dann mit ſolcher Heftigkeit und iſt mit ſo bedeutender Wärmeentziehung verbunden, daß ſelbſt Queckſilber in der nächſten Nähe der verdampfenden Säure gefriert.

Wenn auch ſchon den Chemikern des Alterthums und Mittelalters die außerordentliche Brennbarkeit des Schwefels bekannt war, ſo richtete ſich doch ihr kindlicher Blick mehr auf das Verbrennende als das Verbrannte. Wohl wußten ſie, daß auch andere Stoffe, ſelbſt Metalle verbrennen, aber meiſt ſahen ſie doch einen Rückſtand, eine Aſche zurückbleiben. Sie ſchoben die Brennbarkeit der Körper auf einen eigenthümlichen Brennſtoff, der unſichtbar in den Körpern weile und mit der Flamme daraus entweiche. Das Metalloxyd war der des Brennſtoffs beraubte Körper, das urſprüngliche Element. Sahen ſie nun den Schwefel in der Flamme ſpurlos, ohne den mindeſten Rückſtand verſchwinden, ſo mußte ihnen begreiflicher Weiſe der Gedanke kommen, in dieſem Schwefel den reinen Brennſtoff zu beſitzen, der in allen übrigen brennbaren Körpern mehr oder minder gemiſcht und verunreinigt wieder zu finden ſei. Seit aber die Chemie auch dem entſchwindenden Schwefel nachzuſchleichen wagte, ſeit

ſie ein Verbrennungsprodukt des Schwefels, einen verbrannten Schwefel entdeckte, mußte auch die Vorſtellung der Verbrennung als einer Entweichung von Brennſtoff aufgegeben und mit der einer Verbindung des brennenden Körpers mit dem Sauerſtoffe der Luft vertauſcht werden.

Der verbrannte Schwefel fand ſich, wie wir ſchon geſehen haben, in der ſchwefligen Säure wieder. In dieſer aber haben wir gleichzeitig einen Theil der Luft zu ſuchen, in welcher der Schwefel verbrannte, und zwar gerade den einflußreichſten, den Sauerſtoff. Indem alſo der verbrennende Schwefel dieſen Sauerſtoff an ſich zog, hat er auch alle ſeine Wirkungen, ſeine nützlichen wie ſchädlichen, aufgehoben. Darum wirken die ſchwefligſauren Dämpfe ſo erſtickend, wenn ſie eingeathmet werden; der ſonſt belebende Sauerſtoff iſt in ihnen eben unwirkſam, todt gemacht. Darum erſtickt aber auch der Dampf brennender Schwefelfäden die Flamme, wenn er im brennenden Schornſtein emporſteigt; er raubt der Luft des Schornſteins den Sauerſtoff, deſſen der Ruß zu ſeiner Verbrennung bedarf. Darum verhindert auch das Schwefeln der Weinfäſſer das Sauerwerden des Weines; es entzieht der Luft den Sauerſtoff, zu dem der Wein eine ſo große Neigung beſitzt, und der ihn in Eſſig umwandelt. In leeren Weinfäſſern endlich verhindert das Ausbrennen mit Schwefel die Schimmelbildung, in deren Poren zurück-

Digitized by Google

bleibender Wein leicht ſauer wird und die Säuerung ſpäter eingefüllten Weines befördert.

Wenn aber auch in der ſchwefligen Säure als Verbrennungsprodukt eine Verbindung zwiſchen Schwefel und Sauerſtoff bereits hergeſtellt iſt, ſo iſt die große Verwandtſchaft beider Stoffe damit noch keineswegs befriedigt. Die Aufnahme des Sauerſtoffs war nur den Umſtänden angemeſſen, unter denen er geboten wurde. Werden dieſe Umſtände günſtiger, ſo erwacht von Neuem im Schwefel die Begierde nach Sauerſtoff. Eine neue, ſauerſtoffreichere Verbindung, eine neue Säure entſteht, und ſo ſchwach jene war, ſo kräftig, ſo gefährlich in ihren Wirkungen wird dieſe. Es iſt die allbekannte Schwefelſäure.

Schon bei der Berührung mit Waſſer ſahen wir die ſchweflige Säure, indem ſie das Waſſer zerſetzte und ſeinen Sauerſtoff ſich aneignete, allmälig in Schwefelſäure übergehen. Freilich geſchah das nur äußerſt langſam, weil das Waſſer eine Zerſetzung in ſeine Beſtandtheile nur mit Widerſtreben zuläßt. Zu einer großartigen Nutzbarmachung dieſer neuen Säure würde alſo ein weit ſchnelleres Verfahren nothwendig ſein. Wir wiſſen aber, daß die Verwandtſchaft gar vieler Stoffe nur dann in Wirkſamkeit tritt, wenn ſie gleichſam neugeboren werden, daß ſie im gewöhnlichen Zuſtande oft kalt und gleichgültig neben einander ruhen,

Digitized by Google

ſich neben einander miſchen können, während ſie, ſo eben aus Verbindungen ausſcheidend, mit heißer Gier einander in die Arme ſtürzen. Eine Ausnahme ſcheinen nur gewiſſe poröſe Körper, wie der Platinſchwamm, zu machen. Wir wiſſen ja bereits vom Döbereiner'ſchen Feuerzeuge her, daß er die Vereinigung des Waſſerſtoffs mit dem Sauerſtoffe, alſo die Verbrennung des Waſſerſtoffs zu Waſſer mit einer ſolchen Heftigkeit zu bewirken vermag, daß eine Entzündung, eine Flamme entſteht. Vielleicht iſt ſeine Fähigkeit, in ſeinen Poren Gaſe in außerordentlichem Grade zu verdichten, die wirkende Urſache hiervon. In ganz ähnlicher Weiſe verhält ſich der Platinſchwamm, wenigſtens bei hoher Temperatur, auch zur ſchwefligen Säure. Ueber glühenden Platinſchwamm geleitete ſchwefligſaure Dämpfe werden in der That mit dem Sauerſtoff der Luft verbunden, oxydirt, in Schwefelſäure verwandelt. Wie einfach dieſer Vorgang auch iſt, ſo hat doch ſeine Benutzung zur Darſtellung der Schwefelſäure im Großen, wie ſie der Chemiker Philipps verſucht hat, ſich keineswegs als vortheilhaft bewährt, und damit abermals den für die Technik nicht genug zu beachtenden Satz beſtätigt, daß die geradeſten Wege nicht immer die zweckmäßigſten ſind. Wir müſſen daher zu jenem Umwege unſre Zuflucht nehmen, auf dem wir gezwungen ſind, den Sauerſtoff, dem die ſchweflige Säure ſich vermählen ſoll, erſt durch Zerſetzung andrer Verbindungen neu zu erzeugen.

Digitized by Google

Trotz der außerordentlichen Menge sauerstoffreicher Verbindungen, welche das Reich der Stoffe uns darbietet, dürfen wir unsere Wahl doch nur auf die wenigen beschränken, die vermöge ihrer äußerst lockeren Verwandtschaftsbande zugleich geneigt sind, ihren Sauerstoff leicht wieder abzugeben. Dieser Punkt lenkt unsere Aufmerksamkeit auf einen Stoff, der sich in unsrer Atmosphäre bereits seit so vielen Jahrtausenden mit dem Sauerstoffe gemischt findet und sich dennoch jeder chemischen Verbindung mit ihm fern gehalten hat, der, von unseren Lungen eingeathmet, auch im Lebensprocesse nicht seine starre Vereinzelung aufgibt, in der er sich, wie gegen den Sauerstoff, gegen alles Stoffliche überhaupt behauptet. Dieser eigensinnige Stoff ist der Stickstoff. Seine Gleichgültigkeit gegen das Eingehen von Verbindungen läßt mit Recht erwarten, daß, wenn es einmal gelungen ist, ihn durch Kunst und List dazu zu verlocken, er gewiß auch nicht viel Mühe anwenden wird, sich darin zu behaupten. In der That wird in der Technik eine solche Verbindung von Stickstoff und Sauerstoff dargestellt. Beim Verwesen stickstoffhaltiger organischer Körper in Berührung mit atmosphärischer Luft und mit Wasser vereinigt sich der ausscheidende Stickstoff bei seinem Uebergange in die Gasform mit dem Sauerstoffe der Luft, vorausgesetzt, daß Basen, Alkalien oder Erden vorhanden sind, welche die entstehende Säure binden können. Das Resultat dieses langsamen Processes ist der bekannte Salpeter, die darin

gebundene Säure, welche durch die ſtärkere Schwefelſäure daraus ausgetrieben werden kann, die Salpeterſäure. Die kräftigen Wirkungen dieſer Säure ſind hauptſächlich der Leichtigkeit zuzuſchreiben, mit welcher ſie ſich ihres Sauerſtoffes entledigt. Selbſt Metalle, die ſich ſonſt ſo gut gegen die Angriffe des Sauerſtoffes zu vertheidigen wiſſen, wie das Silber, werden von der Salpeterſäure oxydirt. Kohle entzieht ihr bei hoher Temperatur ſogar ihren geſammten Sauerſtoff. Ja, ſo locker iſt das Band, welches den Sauerſtoff an den Stickſtoff feſſelt, daß ſelbſt das Sonnenlicht die Salpeterſäure zerlegt.

Es fragt ſich nun, ob auch die ſchweflige Säure im Stande ſein wird, eine ſolche Zerſetzung der Salpeterſäure zu bewirken. Miſchen wir im trocknen Zuſtande das ſchwefligſaure Gas mit dem Dampfe der Salpeterſäure, ſo zeigt ſich allerdings nicht die geringſte Einwirkung beider auf einander; dieſe erfolgt aber, ſobald Feuchtigkeit zugegen iſt. Die Salpeterſäure wird zerſetzt, zum Theil ihres Sauerſtoffs beraubt und allmälig in ein farbloſes Gas, das Stickſtoffoxyd, verwandelt, während aus der ſchwefligen Säure Schwefelſäure geworden iſt, die ſich im Waſſer löſt. Jedenfalls ſchreibt ſich dieſe Forderung von Feuchtigkeit aus einem ähnlichen Umſtande her, wie jene von Baſen bei der Erzeugung des Salpeters. Die Schwefelſäure kann ſich nur unter ganz beſonderen, künſtlich herzuſtellenden Bedingungen waſſerfrei behaup-

Digitized by Google

ten und verlangt darum das Waſſer im Voraus als Band, durch das ſie an's Daſein geknüpft werde, wie die leicht zerſetzliche Salpeterſäure im Voraus auf das Kali, das ſie binden ſollte, hinwies. So ſpricht ſich die Natur eines Dinges ſchon in den Umſtänden ſeiner Geburt aus und bedingt ſie im Voraus. Die gebildete Schwefelſäure verbindet ſich nun zuerſt mit dem Stickſtoffoxyde, und das Reſultat dieſer Verbindung wälzt ſich in dicken Nebeln hervor, die ſich allmälig lichten und eigenthümliche Kryſtalle von anſehnlicher Größe zeigen, zu denen ſie ſich verdichteten. Iſt aber noch Waſſer im Ueberſchuß vorhanden, ſo ſetzt dies ſeine zerſetzende Wirkung fort, trennt die eben verbundenen Gaſe wieder und bindet die Schwefelſäure, während das Stickſtoffoxyd entweicht. Allerdings hätten wir ſo ein Verfahren gefunden, Schwefelſäure darzuſtellen, aber freilich ohne uns für die Praxis davon große Erfolge verſprechen zu dürfen. Die Salpeterſäure, welcher der Sauerſtoff zur Schwefelſäurebildung entnommen wurde, mußte ja ſelbſt erſt mit Hülfe von Schwefelſäure dargeſtellt werden. Wir hätten uns alſo im Kreiſe bewegt. Freilich könnten wir den Salpeter unmittelbar benutzen, indem wir ihn mit Schwefel gemiſcht erhitzten. Es würde dieſelbe Zerſetzung erfolgen, Schwefelſäure ſich bilden, Stickſtoffoxyd entweichen. Aber der Koſtenaufwand, den der Verbrauch einer ſolchen Menge von Salpeter verurſachen würde, vereitelt auch dieſe Hoffnung. Nur den Sauerſtoff

vom Stickſtoff auf den Schwefel übertragen, nur die Salpeterſäure in Schwefelſäure umwandeln zu wollen, das wäre ja ſo thöricht, als aus Gold Blei machen wollen.

In unſrer Rathloſigkeit kommt uns eine ganz eigenthümliche Erſcheinung zu Hülfe. Die Salpeterſäure tritt nicht allein einen bedeutenden Theil ihres Sauerſtoffs an die ſchweflige Säure ab, ſondern grade in jenem Zuſtande der Beraubtheit, in dem wir ſie eben verächtlich entweichen laſſen wollten, erbietet ſie ſich ſogar zu vermittelnden Botendienſten, um von anders her Sauerſtoff an ſie zu übertragen. So träge ſich auch ſonſt der Stickſtoff zeigt, wo es gilt, Verbindungen einzugehen oder zu behaupten, ſo ſcheint er doch im Stickſtoffoxyd ſich zu einer Art von Zuneigung zum Sauerſtoffe zu ermannen, und ſo leicht er ſich die erſten Sauerſtoffatome rauben ließ, ſo beharrlich hält er jetzt die letzten feſt. Aber noch mehr, es erwacht zugleich ein mächtiger Trieb in ihm, von Neuem Sauerſtoff anzuziehen. Das Stickſtoffoxyd oxydirt ſich ſofort an der Luft zur ſalpetrigen Säure und endlich zur Unterſalpeterſäure, die ſich durch braunrothe Dämpfe zu erkennen gibt. Aber kaum hat der Stickſtoff den größten Theil des durch die ſchweflige Säure eingebüßten Sauerſtoffs wieder gewonnen, ſo erſchlafft auch ſeine Thätigkeit ſchon wieder, und willenlos läßt ſich die Unterſalpeterſäure von Neuem durch ſchweflige Säure zerlegen, des aufgenommenen Sauerſtoffs berauben und

Digitized by Google

zur Armuth des Stickstoffoxydes herunterbringen. So wird wieder Schwefelsäure gebildet, aber dies Mal nicht auf Kosten der Salpetersäure; denn das Stickstoffoxyd ist wieder unversehrt aus diesem Processe hervorgegangen; — der Sauerstoff der Luft mußte vielmehr herhalten, den das Stickstoffoxyd sich anzueignen versuchte, aber an die schweflige Säure abtreten mußte. Kaum aber ist dieser Proceß beendet, so beginnt er auch schon von Neuem. Wieder regt sich die Luft zum Sauerstoffe im Stickstoffoxyd, wieder oxydirt es sich zu salpetriger und Untersalpetersäure, und wieder verliert diese unter Einwirkung des Wassers ihren Sauerstoff an die schweflige Säure, sinkt wieder zum Stickstoffoxyd herab. So wird das Stickstoffoxyd also in der That zu einem bloßen Vermittler, dem gleich den Verdammten im Hades der alten Griechen eine endlose Arbeit zuertheilt ist, bei der es selbst trotz allen Bestrebens nicht den mindesten Gewinn davonträgt. Es gleicht damit jenen unermüdlich thätigen, aber energielosen Seelen in der Menschenwelt, die wohl zu erwerben, aber das Erworbene nicht zu behaupten wissen und, selbst arm bleibend, rings um sich Reichthum und Glück verbreiten.

Eine so merkwürdige Naturerscheinung ist es, welcher unsre heutige industrielle Welt die Gewinnung der für sie so wichtigen Schwefelsäure verdankt. Durch sie übernimmt gleichsam die Natur selbst einen Theil der Kosten dieser Fabrikation. Die Salpetersäure arbeitet

Digitized by Google

gleichsam in ihrem geheimen Dienste, ihre bloße Anwesenheit reicht hin, die schwefligsauren Dämpfe in Schwefelsäure zu verwandeln, ohne daß dieses kostbare Mittel durch den Gebrauch sich abnutzt. Wir müssen uns jetzt in die Fabriken selbst begeben, in denen jener bisher nur im Kleinen beachtete Proceß seine großartige Rolle spielt.

Die Kenntniß eines chemischen Prozesses im Laboratorium genügt noch nicht, um ihn für das Leben fruchtbar zu machen. Seine Probe besteht er erst in den Fabriken. Schon manche Entdeckung des Laboratoriums, die sich breit machen wollte, wurde durch die nüchternen Fragen des Fabrikanten auf die bescheidenen Ansprüche einer wissenschaftlichen Thatsache zurückgewiesen. Der Chemiker zeigte unter Anderem, wie sich unter gewissen Umständen aus dem Stickstoffe der Luft Cyan (Blaustoff) und mit dessen Hülfe blausaure Salze, Berliner Blau darstellen lassen; aber der Techniker, welcher darauf hin seine Fabrik einrichtete, sah sich getäuscht und gefährdete seine Kapitalien, als er die im Kleinen nicht wegzuleugnende Erscheinung im Großen verwerthen wollte. Das Laboratorium ist eben nur die theoretische Schule für die Praxis des Lebens.

So könnte es uns nun auch mit unsrer Darstellung der Schwefelsäure gehen, zu der wir im Labora-

Digitized by Google

torium kürzlich die Natur ſelbſt die Hand leihen ſahen, indem ſie das Stickſtoffoxyd zu einer ſeltſamen Vermittterrolle befähigte, welche uns eine faſt koſtenfreie Uebertragung des Sauerſtoffs der Luft an die ſchweflige Säure in Ausſicht ſtellte. Es bedarf alſo erſt eines Ganges zu unſren Schwefelſäure-Fabriken, um die Nutzbarkeit dieſer Erſcheinung zu beſtätigen.

Wir treten ein und nahen uns dem großen Ofen, in welchem der Schwefel durch den Verbrennungsproceß in ſchweflige Säure umgewandelt wird. So lange man nur Schwefel verbrannte, bedurfte es eines einfachen, aus gußeiſernen Platten zuſammengeſetzten und mit ſtarkem Mauerwerk umgebenen Ofens, in welchen von unten und von den Seiten zahlreiche Kanäle beſtändig kalte Luft zuführten, welche einerſeits die zu große Erwärmung des Ofens verhinderte, andrerſeits die vollſtändige Verbrennung des Schwefels bewirkte, der ſich beim Mangel an Sauerſtoff ſublimiren würde. Aber der koſtbare, faſt nur aus Sicilien zu beziehende Schwefel ließ längſt einen Erſatz in den Schwefelmetallen, beſonders in den reichlich vorkommenden Schwefelkieſen ſuchen. Die Verbrennung dieſer Erze erfordert natürlich eine andre Einrichtung der Oefen. Denn wenn auch der größte Theil ihres Schwefels als ſchweflige Säure entweicht, ſo bleibt doch das oxydirte Metall in Verbindung mit gleichzeitig gebildeter Schwefelſäure als Schlacke zurück, die von Zeit zu Zeit aus dem Ofen entfernt werden muß. Dieſe nebenhergehende

Digitized by Google

Oxydation erfordert also auch einen stärkeren Luftzutritt und eine größere Hitze.

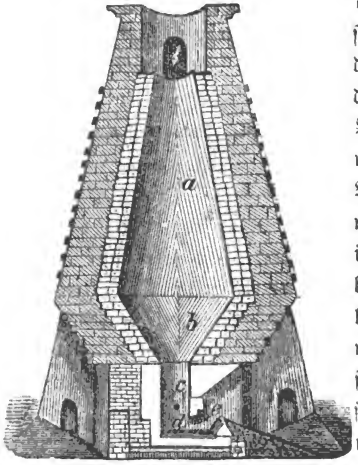
Wir haben schon gesehen, wie man in Schwefelöfen die Austreibung und Destillation des Schwefels aus solchen Erzen bewirkte. Natürlich kann man diese auch zur Verbrennung des Schwefels benutzen, wenn man über dem gewöhnlichen Heerde eine Platte anbringt, die von unten zum Rothglühen erhitzt werden kann, und auf welche der feingepulverte Kies aufgetragen wird. Aber nur durch beständiges Umrühren ist es möglich, ihn mit der zu seiner Verbrennung nöthigen Luft in Berührung zu bringen. Ueberdies muß alle 6 Stunden die verbrannte Masse herausgezogen und der Ofen von Neuem beschickt werden. Dies und der große Aufwand von Brennmaterial machen eine bessere Einrichtung wünschenswerth. Eine solche gewähren die gewöhnlichen Stichöfen. Sie sind aus feuerfesten Ziegeln cylindrisch aufgebaut, oben gewölbt und innerhalb der Wölbung mit einem Ausströmungsrohr für die Gase und einer verschließbaren Oeffnung versehen, durch welche die Kiese eingetragen werden. Der Luftzug wird durch das theilweise Oeffnen eines Schiebers bewirkt, welcher den Aschenraum verschließt. Die verbrannten Kiese fallen durch einen Rost und können bequem alle 12 Stunden abgezogen werden. Allerdings werden auch diese Oefen anfangs geheizt, aber sobald die Kiese in den rothglühenden Ofen eingetragen sind, brennen sie von selbst fort, indem die

Digitized by Google

durch ihr eignes Brennen entwickelte Wärme hinreicht, die fernere Verbrennung zu unterhalten. In dieser selbstentwickelten Hitze liegt sogar der wichtigste Uebelstand dieser Oefen, da die kieselhaltigen Mineralien, welche meist mit den Schwefelkiesen gemischt sind, leicht zusammenbacken oder gar schmelzen und dadurch nicht nur das Niedergehen und Herausziehen der Kiese hindern, sondern auch den Luftzutritt oft ganz unterbrechen. Zwar ließe sich dies zu rasche und zu hitzige Verbrennen der Kiese durch ein langsameres Durchströmen der atmosphärischen Luft vermindern. Aber dies ist wieder nicht statthaft, weil für die weiteren Umwandlungsprozesse der schwefligen Säure eine Mischung derselben mit sauerstoffreicher Luft nothwendig ist, die zur Verbrennung verbrauchte Luft aber beim Durchströmen durch die glühenden Kiese ihres ganzen Sauerstoffs beraubt wird. Auch diesem Uebelstande wird indeß durch besondere Vorrichtungen abgeholfen. Man benutzt dazu die gewöhnlichen Schachtöfen, wie man sie in Gebirgsgegenden gewöhnlich zum Ausschmelzen der Eisenerze anwenden sieht, und wie die beistehende Abbildung einen zeigt. In einem solchen Ofen, der gleichfalls mit einem Rost und oben und unten mit Oeffnungen versehen ist, durch welche die Kiese eingetragen und abgezogen werden, der Luftzug geregelt wird und die Gase entweichen können, ist an jeder Seite eine gußeiserne Röhre eingemauert, deren untere Oeffnung bis unter den Rost hinabreicht, während die obere bis an

Digitized by Google

die Ausströmungsöffnung der Gase im Ofen emporragt. Kleine seitliche Oeffnungen gestatten das beständige Zuströmen frischer Luft, welche in diesen Röhren durch die Wärme des Ofens erhitzt, ohne mit den Kiesen in Berührung gekommen und dadurch ihres Sauerstoffs beraubt zu sein, in hinreichender Menge mit dem schwefligsauren Gase gemeinschaftlich ausströmt und zu ihrer weitern Umwandlung befähigt bleibt.



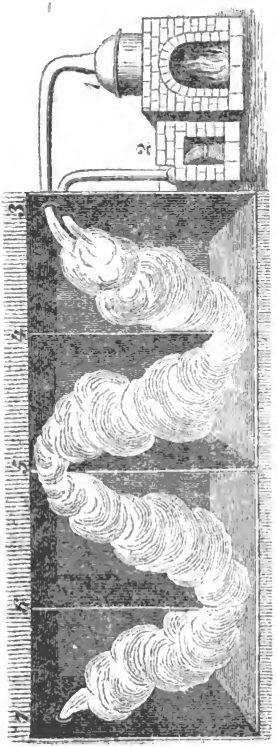
Ein Schachtofen. a der Schacht; b die Rast; c das Gestell; d der Heerd.

Wir verfolgen die in diesen Oefen gebildete schweflige Säure weiter in jene Räume, in welchen sie in Schwefelsäure umgewandelt werden soll. Es sind die sogenannten Bleikammern, geräumige Zimmer, deren Wände aus einer Linie dicken, zusammengelötheten und auf gitterförmig verbundenen Balken befestigten Bleiplatten gebildet sind. Das Blei ist nämlich eins der wenigen Metalle, die nur in großer Hitze von der Schwefelsäure angegriffen werden. Erst in neuester Zeit

hat man verſucht, die koſtſpieligen Bleikammern durch dreihalſige Geſchirre von Steingut zu erſetzen, und ſeit dem Jahre 1846 beſteht bereits eine ſolche Fabrik in Javel bei Paris, die jährlich über 18000 Ctr. Schwefelſäure fabricirt.

In dieſen, meiſt 5—6, durch weite Bleiröhren mit einander verbundenen Bleikammern geſchieht der Umwandlungsproceß der ſchwefligen Säure. Durch ein weites, gußeiſernes Rohr tritt ſie hier ein, bei zweckmäßiger Einrichtung gleichzeitig mit einem reichlichen Strome atmoſphäriſcher Luft, deren Sauerſtoff für das neue Fabrikat verwandt werden ſoll. In älteren Fabriken mußte man ſich mit der in den Kammern enthaltenen Luft begnügen und daher von Zeit zu Zeit die Operation unterbrechen, damit ſich die Luft in denſelben erneuern konnte. Die bloße Gegenwart von ſauerſtoffhaltiger Luft reicht aber, wie wir ſahen, nicht hin zur Umwandlung der ſchwefligen Säure; die vermittelnde Mitwirkung von Salpeterſäure iſt erforderlich, damit jene ſich des Sauerſtoffs bemächtigen kann. Es war daher das Einfachſte, gemeinſchaftlich mit den ſchwefligſauren Dämpfen auch Salpeterſäure zu entwickeln und durch daſſelbe Gasrohr in die Bleikammern eintreten zu laſſen. Wir ſehen dies in nebenſtehender Abbildung, wo der kleine Ofen (2) den ſogenannten Brenner darſtellt, auf deſſen Boden der Schwefel brennt, und in deſſen Mitte auf einem Dreifuß ein eiſernes Gefäß, gefüllt mit Salpeter, gewöhnlich Chiliſalpeter

Digitized by Google



3—7 Bleikammern; 1 der Dampfkessel; 2 der Brenner oder der Schwefelofen.

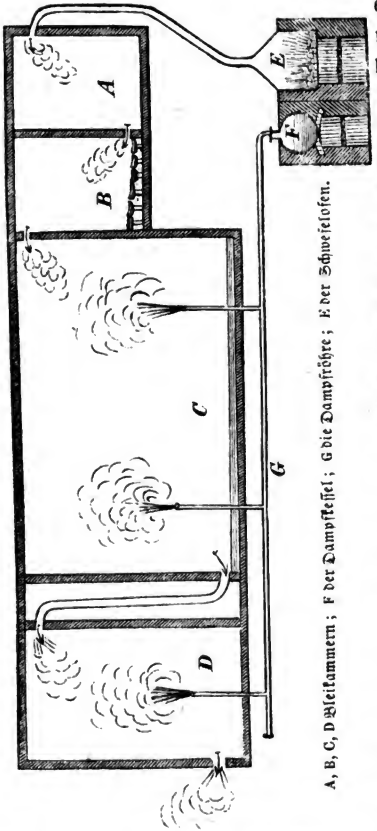
(natürlich vorkommendes salpetersaures Natron), und concentrirter Schwefelsäure, zur Entwicklung der Salpetersäure steht. Durch die Wärme des brennenden Schwefels wird die Salpetersäure des Schwefels entbunden, und ihr Dampf mischt sich sofort mit dem Dampfe der schwefligen Säure. Aber noch ist die Einwirkung Beider auf einander nicht möglich, da die Zersetzung der Salpetersäure durch die Anwesenheit von Wasser bedingt ist. Aus einem Dampfkessel (1) tritt daher zugleich ein Strom von Wasserdämpfen in die Bleikammer ein. Jetzt geht der Zersetzungs- und Umwandlungsproceß vor sich. Die Salpetersäure wird von der schwefligen Säure ihres Sauerstoffs beraubt und in Untersalpetersäure und Stickstoffoxyd verwandelt. Das Stickstoffoxyd beginnt

Digitized by Google

seine vergeblichen und doch unverdrossen erneuten Versuche, sich des verlorenen Sauerstoffs wieder zu bemächtigen, den die schweflige Säure immer aufs Neue an sich reißt, bis sie ganz in Schwefelsäure verwandelt und durch die Wasserdämpfe verdichtet auf den Boden der Kammer niederfließt. In stets wechselndem Kampfe wälzen sich die vereinten Dämpfe von Kammer zu Kammer, bald unter den wie Vorhänge bis auf einige Zoll zum Boden herabhängenden bleiernen Scheidewänden, bald über ihnen dicht an der Decke dahinstreichend. Endlich gelangen die nicht verdichteten Gase durch ein bleiernes Ableitungsrohr aus der letzten Kammer (7) in einen langen Schornstein, um ungenutzt zu entweichen.

Wie gering auch die Menge der unbenutzt entweichenden salpetersauren Dämpfe ist, da der ganze Verbrauch von Salpeter nur 5—5½ Proc. vom Gewichte des Schwefels beträgt, so steht es doch im Widerspruch zu den Forderungen der neuen Technik, die keine Vernachlässigung eines nutzbaren Stoffes gestatten. Der Fabrikant darf nicht sagen: „Die Salpetersäure hat ihre Pflicht gethan, sie kann gehen!“ War die Salpetersäure vermöge der eigenthümlichen Natur des Stickstoffoxydes unversehrt aus den Umwandlungsprocessen der Bleikammern hervorgegangen, so ist sie von Neuem zu denselben Diensten bereit, und der Techniker darf nicht ruhen, ehe er diese Fähigkeit erschöpft hat. Man pflegt daher in neuerer Zeit den Bleikammern

Digitized by Google



A, B, C, D Bleikammern; F der Dampfkessel; G die Dampfröhre; E der Schwefelofen.

eine andere Einrichtung zu geben, wie sie diese Abbildung darstellt. Hier strömt der schwefligsaure Dampf, mit einem Strome atmosphärischer Luft gemischt, aus dem Ofen (E) zuerst in zwei kleine Kammern (A und B) ein. In der zweiten Kammer (B) stehen staffelförmig über einander gläserne oder porzellanene Gefäße, auf deren oberstes langsam aus einem Glasrohre Salpetersäure tropft. Indem diese von einem Gefäße zum andern fließt und sich so über eine große Oberfläche verbreitet, bietet sie

den schwefligsauren Dämpfen hinreichende Berührungspunkte dar, um durch sie in Untersalpetersäure und Stickstoffoxyd zersetzt zu werden. Mit diesen Zersetzungsprodukten und atmosphärischer Luft gemischt, gelangt die noch nicht umgewandelte schweflige Säure in eine dritte große Kammer (C). In dieser, die oft einen außerordentlichen Umfang, bei 150 Fuß Länge oft eine Breite von 30—40 und eine Höhe von 20—25 Fuß, also einen Rauminhalt von mehr als 100000 Kbkfß. hat, findet erst die vollständige Umwandlung in Schwefelsäure statt. Hier also erst strömt der Wasserdampf ein, den zwei Röhren aus dem Dampfkessel (F) herbeiführen. Aber auch hier könnte ein Theil der schwefligen Säure durch irgend eine Störung von dem allgemeinen Umwandlungsprocesse ausgeschlossen bleiben. Bei Mangel an Wasserdampf könnte jene Verbindung von Schwefelsäure und Stickstoffoxyd, die den Proceß einleitet, unzersetzt bleiben und in großen Krystallen sich ausscheiden, und es würde so ein großer Theil des Stickstoffoxydes für die Umwandlung der übrigen Säure unwirksam gemacht werden. Es könnte auch an atmosphärischer Luft mangeln, aus der das Stickstoffoxyd den nöthigen Sauerstoff hernehmen soll. Damit also auch den letzten Resten schwefligsaurer Dämpfe Gelegenheit zur Umwandlung in Schwefelsäure gegeben werde, leitet man sie nochmals in eine oder zwei kleinere Kammern (D), in welche gleichfalls Wasserdampf strömt, und endlich in ein kleines, geschlosse-

Digitized by Google

nes Reservoir, das sie in vielfachen Windungen durchstreichen müssen. Aber noch würden die Untersalpetersäure und das Stickstoffoxyd, die jetzt ihre Arbeit vollendet haben, entweichen und ein immerhin nicht ganz unbedeutendes Kapital dem Fabrikanten in die Lüfte entführen. Auch sie müssen für abermalige Dienstleistung gerettet werden. Aus der letzten Bleikammer treten darum die nicht verdichteten Gase durch ein Knierohr noch in eine dreifache Reihe gläserner oder porzellanener Ballons, die zu einem Drittheil mit Schwefelsäure gefüllt sind. Erst nachdem diese Schwefelsäure ihnen alle Untersalpetersäure entzogen hat, entweichen die letzten Gase durch ein Rohr, das sie in den Kamin leitet. Alle Stunden wird ein Theil dieser Schwefelsäure aus den Ballons abgelassen und in die erste Bleikammer gebracht, um hier durch Zersetzung der von ihr aufgenommenen Untersalpetersäure den ersten Sauerstoff für die Umwandlung der schwefligen Säure und das erste Stickstoffoxyd für die weitere Vermittlung des Sauerstoffs der Luft zu bieten.

Aber noch hat der Techniker seine Aufgabe nicht beendet. Am Boden der großen Bleikammer hat sich die gesammte erzeugte Schwefelsäure, die auch von den übrigen Bleikammern hierher fließt, gesammelt. Aber noch ist sie durch das gleichzeitig niedergeschlagene Wasser viel zu verdünnt, um zu praktischen Zwecken verwendet zu werden. Sie muß noch concentrirt werden. Zu diesem Zwecke wird sie durch einen bleiernen Heber

Digitized by Google

in große Bleipfannen abgelaſſen, die ſtaffelförmig übereinander auf gußeiſernen Platten ruhen und durch gemeinſame Feuerung erhitzt werden. Hier entweicht ein Theil des Waſſers. Aber eine bedeutende Hitze geſtattet das Blei der Pfannen nicht, es würde von der ſiedenden Schwefelſäure angegriffen und zerfreſſen werden. Zur weiteren Abdampfung kommt daher die Schwefelſäure in gläſerne Retorten oder, da dieſe zerbrechlich ſind und leicht ſpringen, in Platinkeſſel. Ein ſolcher Keſſel faßt oft 5 — 20 Ctr. Säure und ſteht in einer gußeiſernen, mit Kalk gefüllten Schale, damit er nicht unmittelbar mit dem Kohlenfeuer in Berührung kommt, deſſen Aſche ihn durch eine Kieſelverbindung zerſtören würde. Ein platinener Helm bedeckt den Keſſel, aus welchem die überdeſtillirte verdünnte Säure durch ein gekühltes Schlangenrohr abfließt. Die Beſchaffenheit dieſer übergehenden Säure läßt den Grad der Concentration im Keſſel erkennen. Durch einen Heber wird endlich die fertige Säure in gläſerne Ballons oder Steingutkrüge abgelaſſen, die zwiſchen 25—50, auch wohl 100—300 Pfd. umfaſſen, und in denen ſie in den Handel kommt.

Dieſe concentrirte Schwefelſäure, die von dem Lande, in welchem ſie vor 100 Jahren zuerſt in dieſer Weiſe dargeſtellt wurde, den Namen der engliſchen führt, iſt allerdings noch nicht rein. Sie hat aus dem Bleikammen Bleioxyd mit ſich geführt und enthält noch Unterſalpeterſäure, ſalpetrige Säure, Chlor, Ar-

Digitized by Google

ſenik und Selen. Ihre Reinigung iſt dadurch möglich, daß ſie bei hoher Temperatur, bei 326° ſich in Dämpfe verwandelt, die ſich wieder verdichten laſſen. Eine ſolche Deſtillation der Schwefelſäure erfordert freilich große Vorſicht, da das Kochen derſelben nicht gleichförmig, ſondern in heftigen Stößen erfolgt, die oft die Retorten zerſprengen.

Wir haben nun eine farb- und geruchloſe, waſſerhelle, ölartige Flüſſigkeit, deren Dichtigkeit die des Waſſers um das 1,84 fache übertrifft. Man prüft dieſe Dichtigkeit mittelſt der bekannten Senkwagen oder Aräometer, und in einer guten Schwefelſäure muß die Baumè'ſche Skale 66° zeigen. Freilich enthält auch dieſe auf den höchſten Grad verdichtete Säure noch immer eine bedeutende Menge von Waſſer, etwa 18½ Proc.; aber dieſes Waſſer iſt chemiſch in ihr gebunden, bedingt ihr Beſtehen und deſtillirt mit ihr ungetrennt über.

Ich habe den Leſer abſichtlich einen tieferen Blick in das Innere der Schwefelſäurefabriken thun laſſen. Einmal forderte mich dazu die außerordentliche Bedeutung dieſes Fabrikates auf, das ſelbſt in Deutſchland bereits eine Ausfuhr von über 10000 Centnern erreicht hat, während ſein Verbrauch weit über 200000 Centner beträgt. Andrerſeits wollte ich die Gelegenheit nicht unbenutzt laſſen, den Leſer einmal mit allen den Schwierigkeiten und Hinderniſſen bekannt zu machen, die ſich im Fabrikweſen oft der Erfüllung einer ſchein-

Digitized by Google

bar höchſt einfachen Aufgabe entgegenſtellen. Betrachten wir noch einmal die Aufgabe, die dem Schwefelſäurefabrikanten geſtellt war! Er ſollte eine gewiſſe Menge von Schwefel in Schwefelſäure verwandeln, — aber nicht in eine beliebige Menge! Die Theorie ſtellt eine ſtrenge Forderung an ihn, ſie weiſt nach, daß ſich ſtets genau 16 Pfund Schwefel mit 24 Pfund Sauerſtoff und 9 Pfund Waſſer verbinden, und daß alſo in je 49 Pfund Schwefelſäure nur 16 Pfund Schwefel enthalten ſind. Wenn alſo in der Fabrikation nichts verloren ging, ſo mußten ſtets aus 16 Pfund verbrannten Schwefels 49 Pfund Säure oder aus einem Centner Schwefel 306 Pfund Säure gewonnen werden. Man wird ſagen, die Theorie fordre ſtets zu viel, man dürfe ſich nicht immer an ſie kehren. Aber iſt die Theorie, wie hier, auf ein unumſtößliches Geſetz gegründet, ſo muß ſie wenigſtens das Ziel und der Maßſtab für die Arbeit des Technikers bleiben. Ehe man dieſe Forderung recht beachtete, erhielt man darum aus dem Centner Schwefel nur 140 bis 186 Pfund Säure, während jetzt bereits 288 bis 298 Pfund gewonnen, alſo kaum 3 — 6 Pfund Schwefel verloren werden. Daß auch dieſer Verluſt noch ſtattfindet, daran ſind kleine Umſtände ſchuld, die nicht in der Gewalt des Fabrikanten liegen. Kleine Mengen der Stoffe verflüchtigen ſich durch die Hitze, ohne an dem chemiſchen Proceſſe Theil zu nehmen, andre ſchmelzen und verhindern Berührung der übrigen, die ſie umhüllen; andre bleiben

Digitized by Google

in Maſſen verſchloſſen, aus denen ſie wohl herauszulocken wären, aber nur mit einem Koſtenaufwande, der ihren Werth bedeutend überſtiege.

Um in die große techniſche Welt eingeführt zu werden, dazu bedarf es ganz anderer Eigenſchaften, als um den Eintritt zu erlangen in die ſogenannte feine, faſhionable Welt. Dort in den Salons der vornehmen Geſellſchaft gilt nur Glanz und Farbenpracht und bei aller Geſchmeidigkeit eine gewiſſe Härte, welche für die übliche Politur befähigt. Hier in den ſchmuckloſen Räumen der Fabriken und Werkſtätten gilt nur innere Thatkraft oder jene Feſtigkeit und Härte, welche den rauhen Begegnungen zu trotzen vermag, die hier an der Tagesordnung ſind. Der Kohlenſtoff muß ſich in das ſtrahlende Gewand des Demants kleiden und ſeine niedere Herkunft verſtecken, um in den Salons zugelaſſen zu werden; aber nur in ſeinem ſchmutzigen, ſchwarzen Gewande dringt er in die Fabriken. Der Galvanismus vermag höchſtens durch die Pracht ſeines Lichtes in einer Theaterſonne die Augen der nobeln Welt auf ſich zu ziehen; aber in der Technik fand er nur Eingang durch ſeine unſcheinbare zerſetzende Thätigkeit oder durch die anſpruchsloſen Bewegungen, die er in ſeiner magnetiſirenden Eigenſchaft hervorruft. Freilich, dort will man nur *ſcheinen*, hier will man *wirken*!

Digitized by Google

Unſere Schwefelſäure trug nie ein Gelüſt nach dem Glanze der Salons. Obgleich ſie ihre erſten Stunden in Platinkeſſeln feierte, ward ſie von der Natur doch nicht mit ſchimmernden Gaben ausgeſtattet. Ihr Vater war ja der verpönte Schwefel, ihre Mutter die gemeine Luft. Sie beſitzt nichts als innere Thatkraft; aber dieſe ſichert ihr einen um ſo höheren Rang in der induſtriellen Welt. Dieſe innere Thatkraft, die in der Sprache der Chemie mit dem Namen der Verwandtſchaft bezeichnet wird, macht ſich in dem raſtloſen Streben geltend, ſich mit andern Stoffen zu vereinigen, und ſucht ſelbſt das Beſtehende zu zerſtören, wenn ein Beſtandtheil deſſelben Befriedigung verſpricht. Es iſt eine ſchaffende, aber auch eine auflöſende Kraft. Wir haben ſie bereits kennen gelernt in der außerordentlichen Neigung, welche die Schwefelſäure zum Waſſer zeigte, die ſo groß war, daß ſie ſogar ihren Beſtand bedingte. Noch iſt es uns zwar nicht gelungen, die Schwefelſäure in ihrer reinen Urgeſtalt zu erblicken; da wir ſie erzeugten, war ſie ſchon mit Waſſer vereinigt. 18½ Procent Waſſer enthielt die engliſche Schwefelſäure, beide ſo innig vereint, daß ſelbſt die Hitze ſie nicht trennte, daß ſie ſelbſt in Dampfform mit einander überſtrömten. Die Kunſt des Chemikers weiß freilich auch die feſteſten Bande zu zerreißen.

So innig auch die Schwefelſäure am Waſſer hängt, ſo verzichtet ſie doch auf ſeine Geſellſchaft, ſobald ihr eine annehmlichere Verbindung geboten wird. Ihre

Digitized by Google

Verwandtſchaft zu Metalloxyden iſt noch weit größer als die zum Waſſer. Denn das Weſen der Säure iſt, Salze zu bilden. Dazu aber bedarf es der Metalloxyde, der Alkalien, der Erden. Die Verbindung mit dem Waſſer iſt alſo gleichſam nur eine proviſoriſche. Die Verwandtſchaft der Schwefelſäure zu den Metalloxyden iſt es, durch welche bereits unſere Hausfrauen Bekanntſchaft mit ihr gemacht haben. Das Scheuern der meſſingenen Thürſchlöſſer und Fenſterbeſchläge, der eiſernen und kupfernen Küchengeräthe mit Schwefelſäure oder Vitriol beruht nur darauf, daß die Oxyde, welche den Glanz der Metalle beeinträchtigen, durch ſie hinweggenommen werden. Auch mit dem Beizen des Schwarzblechs zum Zwecke des Verzinnens hat es eine ähnliche Bewandtniß. Die Schwefelſäure befreit die Oberfläche des Eiſens von jedem Oxyde, und nur in völlig reinem Zuſtande iſt das Eiſen fähig, ſich mit dem Zinn zu vereinigen.

Der Chemiker benutzt die ſchwache Seite, welche die Schwefelſäure in dieſer Neigung bietet, um ſie zum Aufgeben ihres Waſſergehaltes zu veranlaſſen. Er bringt ſie mit Eiſenoxyd in Berührung, und ſofort bemächtigt ſie ſich deſſelben, um ein Salz, das ſchwefelſaure Eiſenoxyd, zu bilden. Das Waſſer iſt nur noch mechaniſch mit dem Salze verbunden; es entweicht größtentheils, ſobald Wärme ihm die Dampfform leiht. In ſtärkerer Hitze aber ergeht es dem ſchwefelſauren Eiſenoxyd nicht anders, als dem kohlenſauren Kalk

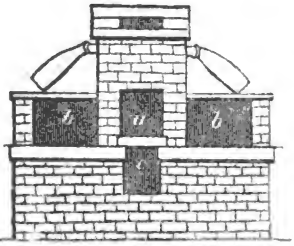
(Kreide, Kalkſtein) im Kalkofen. Es wird zerſetzt, und wie dort die befreite Kohlenſäure entweicht und den Kalk als Aetzkalk zurückläßt, ſo wird hier die Schwefelſäure frei und das Eiſenoxyd bleibt zurück. Die Schwefelſäure findet aber nur noch einen kleinen Theil des Waſſers vor, mit dem ſie vorher verbunden war; ſie enthält jetzt nur noch etwa 10 Procent Waſſer.

Dieſes Verfahren, eine höchſt concentrirte Schwefelſäure durch Glühen des ſchwefelſauren Eiſenoxydes zu gewinnen, hat auch eine praktiſche Bedeutung gefunden und war ſogar das urſprüngliche der Schwefelfabrikation, ehe man noch jene merkwürdige Eigenſchaft des Stickſtoffoxydes kannte und zur Oxydation des Schwefels zu benutzen vermochte. Zwar kommt das ſchwefelſaure Eiſenoxyd in der Natur nicht vor; aber es gibt eine Menge außerordentlich verbreiteter Erze, die wir bereits bei der Schwefelgewinnung kennen lernten, und die auch hier ihre Dienſte bieten, die Schwefelkieſe. Manche dieſer Verbindungen von Schwefel und Eiſen, beſonders die ſich in Stein- und Braunkohlen und in Alaunlagern finden, pflegen bereits an der Luft zu verwittern, d. h. oxydirt zu werden. Dieſer Oxydationsproceß wird beſchleunigt, wenn man die Kieſe in Haufen ſchichtet und von Zeit zu Zeit mit Waſſer begießt; er ſchreitet oft ſo raſch vor, daß die frei werdende Wärme eine Erhitzung, ja eine Entzündung bewirken kann. Andere, beſonders in älteren Geſteinſchichten vorkommende, ſchwefelreichere Kieſe be-

Digitized by Google

ſitzen zwar die Neigung, leicht zu verwittern, nicht, erlangen ſie aber, wenn man ſie röſtet, d. h. durch Erhitzung eines Theiles ihres Schwefels beraubt, wie es eben in den Schwefelöfen geſchah. Die verwitterte Maſſe beſteht, da ſowohl Schwefel als Eiſen an der Oxydation Theil nehmen, zum größten Theil aus ſchwefelſaurem Eiſenoxydul, welches ausgelaugt und durch Eindampfen der Lauge kryſtalliſirt werden kann. Wir haben jetzt ein Salz, das ſich von dem ſchwefelſauren Eiſenoxyd nur durch eine geringere Oxydation des darin enthaltenen Eiſens unterſcheidet, und das unter dem Namen des grünen oder Eiſenvitriols eine bedeutende Rolle in der Technik ſpielt. Durch Trocknen deſſelben wird der größte Theil des Waſſers, das es urſprünglich gebunden enthält, entfernt, und größere Hitze iſt jetzt im Stande, eine Zerlegung des Vitriols zu bewirken. Die Entwicklung ſchwefligſauer Dämpfe zeigt zunächſt eine Zerſetzung der Schwefelſäure an, welcher das Eiſenoxydul bei erwachter Neigung zur Oxydation einen Theil des Sauerſtoffs entzieht. Dadurch geht freilich ein Theil des Schwefels ungenutzt verloren, der indeß geſpart werden kann, wenn man dem Vitriol durch längeres Liegen an der Luft Gelegenheit gibt, den nöthigen Sauerſtoff aus dieſer zu entnehmen. Es bildet ſich alſo in der That nun ſchwefelſaures Eiſenoxyd, deſſen Fähigkeit, durch die Hitze völlig in Schwefelſäure und Eiſenoxyd zerlegt zu werden, wir bereits kennen gelernt haben. In den

Fabriken, welche auf dieſe Umwandlungs- und Zerſetzungsfähigkeit des Eiſenvitriols gegründet ſind, und deren bedeutendſte am Harze bei Braunlage unweit Nordhauſen und zu Radnitz in Böhmen beſtehen, wendet man zur Erhitzung des Schwefels thönerne Retorten an, die in mehreren Reihen über oder neben einander in einem Galeerenofen liegen, wie die Abbildung zeigt. Große Vorlagen, die zum Theil mit Waſſer oder mit engliſcher Schwefelſäure gefüllt ſind, nehmen die faſt waſſerfrei überdeſtillirende Schwefelſäure auf. In den Retorten bleibt das braunrothe Eiſenoxyd zurück, das als Caput mortuum oder Engliſch- oder Pariſer Roth im Handel bekannt iſt.



Ein Galeerenofen zur Bereitung der Nordhäuſer Schwefelſäure.

Die in ſolcher Weiſe aus dem Vitriol bereitete Schwefelſäure iſt eine ölartige, ſchwere Flüſſigkeit, die oft durch Verunreinigung mit organiſchen Subſtanzen eine dunkle, faſt ſchwarze Färbung annimmt und durch ihren Gehalt an ſchwefliger Säure jenen unangenehmen, ſtechenden Geruch zeigt. Von dieſer Beſchaffenheit und ihrem Urſprunge erhielt ſie den im gemeinen Leben

Digitized by Google

wohlbekannten Namen des Vitriolöls oder Oleums, während die Fabrik, welche Jahrhunderte lang ganz Deutschland damit versorgte, ihr den Namen der Nordhäuser Schwefelsäure lieh. Jetzt wird sie größtentheils in Böhmen erzeugt, und trotz ihres hohen Preises der englischen gegenüber ist ihr Verbrauch noch immer ein bedeutender, da die deutschen Zollvereinsstaaten aus Böhmen jährlich über 5000 Ctr. beziehen. Diesen Verbrauch verdankt sie hauptsächlich ihrer Eigenschaft, den Indigo aufzulösen, wodurch sie sich in der Färbekunst fast unentbehrlich macht.

Wenn schon die wasserreichere englische Schwefelsäure sich durch ihre Verwandtschaft zum Wasser auszeichnete, so zeigt sich diese beim Vitriolöl in noch auffallenderer Weise. Bei der Vermischung mit Wasser geht Beider Vereinigung mit solcher Heftigkeit vor sich, daß sie durch ihre Verdichtung sich oft bis zum Siedepunkte erhitzen. Am gefährlichsten ist diese Wirkung, wenn man einige Tropfen Wasser in die concentrirte Säure gießt. Es erfolgt augenblickliche Verdampfung des Wassers und ein heftiges Aufspritzen der Säure, die von den heißen Dämpfen mit fortgerissen wird. Aber die Verwandtschaft zum Wasser zeigt sich noch in anderer Weise, im Rauchen der Säure. Das Vitriolöl enthält noch einen bedeutenden Antheil von wasserfreier Säure, die mit großer Begier das Wasser aus der feuchten Luft anzieht. Als unsichtbarer Dampf entweicht sie, aber kaum hat sie ihren Wasserdurst befriedigt, so

Digitized by Google

vermag sie ihre Dampfform schon nicht mehr zu behaupten und verdichtet sich zu jenen weißen Nebeln, die wir den Rauch der Schwefelsäure nennen.

Wenn wir trotz aller Bemühungen noch nicht im Stande waren, die Schwefelsäure in ihrem wasserfreien Zustande festzuhalten, wenn wir sie, vom Drange der Verwandtschaft getrieben, im Augenblicke des Entstehens sofort wieder zum Wasser entschlüpfen sahen und nur noch in den weißen Nebeln der sogenannten rauchenden Schwefelsäure ihr Dasein errathen konnten, so möchten wir uns leicht versucht sehen, ihr Festhalten als überhaupt unmöglich aufzugeben. Der Chemiker aber urtheilt anders. Er schiebt die Schuld seines Mißlingens auf seine eignen Fehlgriffe, meint nur, daß er die Bedingungen für den festen Bestand dieser wasserfreien Säure noch nicht gefunden habe, und beeilt sich, sie zu erfüllen. Daß die schon gewonnene Säure so schnell wieder entschwand, wird ihm erklärlich aus der großen Verdampfungsfähigkeit derselben, da im Dampfzustande die Verwandtschaftsverhältnisse oft eine unbesiegbare Stärke gewinnen. Er sucht also dieses Verdampfen der Säure durch eine niedrige Temperatur zu hemmen. Durch Schnee oder Eis erkältet er die Vorlagen, welche die Dämpfe der durch Erhitzung trockner schwefelsaurer Salze oder der rauchenden Schwefelsäure selbst gebildeten wasserfreien Säure aufnehmen, und sofort sieht er an den kalten Wänden sich weiße, krystallinische, asbestartige Massen niederschlagen. Es

Digitized by Google

iſt die feſt gewordene waſſerfreie Schwefelſäure, die freilich nur bis zu einer Temperatur von 25° C. ſich in dieſem Zuſtande erhält, dann flüſſig wird und ſchon bei 50° C. ſiedet und verdampft. Die in ihr ſchlummernde Verwandtſchaft zum Waſſer iſt ſo außerordentlich groß, daß einige hineingeſpritzte Tropfen Waſſer eine von Feuererſcheinung begleitete Exploſion bewirken und die plötzliche Dampfbildung oft ſogar das Gefäß zertrümmert.

Dieſe Verwandtſchaft zum Waſſer verläßt, wie wir geſehen haben, die Schwefelſäure ſelbſt nicht in ihren Verbindungen mit Waſſer. Engliſche Schwefelſäure der Luft ausgeſetzt zieht aus dieſer ſo bedeutende Feuchtigkeitsmengen an, daß ſie nach wenigen Tagen ſich um das 15fache ihres Gewichts vermehrt. Aber dieſe Verwandtſchaft hat noch eine andere Bedeutung, indem ſie uns die zerſtörende und ätzende Einwirkung der Schwefelſäure auf organiſche Subſtanzen erklärt. Organiſche Stoffe beſtehen bekanntlich vorzugsweiſe aus 3 Elementen: Sauerſtoff, Waſſerſtoff und Kohlenſtoff, denen ſich bei einigen, namentlich thieriſchen Stoffen noch der Stickſtoff zugeſellt. Die Schwefelſäure findet daher in organiſchen Körpern faſt ſtets die Elemente des Waſſers vor und zwingt ſie mit tyranniſcher Gewalt, ſich zu vereinigen, um ihren Durſt zu ſtillen. So zerſetzt ſie die Stoffe und ſcheidet einen Theil ihres Kohlenſtoffs ab, der die bekannte braune oder ſchwarze Färbung der verkohlten Körper bewirkt. Allerdings

Digitized by Google

hat dieſe Wirkung der Schwefelſäure einiges Recht auf die Bezeichnung eines Verbrennens, die man ihr gewöhnlich giebt; wiewohl es im eigentlicheren Sinne nur eine Verkohlung iſt, da nur der Waſſerſtoff der Körper verbrennt. Ein furchtbares Gift aber wird dadurch die Schwefelſäure für den lebenden Organismus, und leider hat ſie als ſolches in der neueſten Zeit, da ſie ihrer großen Nutzbarkeit wegen nicht leicht dem öffentlichen Verkehr entzogen werden kann, in der Geſchichte des Selbſtmordes eine furchtbare Bedeutung gewonnen.

Dieſe waſſerbindende und verkohlende Wirkung der Schwefelſäure iſt eine jener unſcheinbaren Eigenſchaften, welche ihr den Eintritt in die techniſche Welt eröffnen. Sie iſt es, die Umwandlungen und Zerſetzungen der organiſchen Körper hervorbringt, deren Produkte von höchſter Bedeutung für das Leben ſind. So beruht darauf die Umwandlung des Weingeiſtes in Aether. Weingeiſt und Aether unterſcheiden ſich nur dadurch, daß erſterer einen gewiſſen Antheil Waſſer oder vielmehr der Elemente des Waſſers mehr enthält, als der letztere. Erhitzt man eine Miſchung beider mit einander, ſo entzieht die Schwefelſäure vermöge ihrer Verwandtſchaft zum Waſſer allmälig dieſe Elemente dem Weingeiſt, der dadurch zu Aether wird. Auch das Raffiniren unſeres Brennöls gründet ſich auf dieſelbe Erſcheinung. Aus den Raps- oder Rübſenſamen ausgepreßt, enthält das rohe Brennöl noch eine Menge

Digitized by Google

von Schleimtheilen, welche beim Brennen Kohle an dem Dochte abſetzen und dadurch die Leuchtkraft der Flamme vermindern. Die verkohlende Wirkung der Schwefelſäure befreit nun im Voraus das Oel von dieſem Schleime, den ſie leichter zerſetzt, als das Oel ſelbſt. Durch Waſchen mit Waſſer werden dann die zu Boden ſinkenden unlöslichen Kohlentheilchen zugleich mit der dem Oele etwa noch anhängenden Schwefelſäure leicht entfernt.

Den bedeutendſten Wirkungskreis eröffnet ſich aber die Schwefelſäure durch ihre Neigung zur Salzbildung, für welche die Verwandtſchaft zum Waſſer gleichſam nur ein nothdürftiges und vorläufiges Surrogat bildet. Hier iſt es, wo die Schwefelſäure faſt eine unbeſtrittene Gewaltherrſchaft im Reiche der Stoffe ausübt.

Wir folgen jetzt der Schwefelſäure zu den Stätten ihrer Wirkſamkeit. Tauſende von Centnern ſehen wir durch die Thore der Fabriken einziehen, um hier Wunder zu verrichten, und eine der großen Menge unbekannte und unbegreifliche Kraft iſt es, welche ſie dieſe Wunder verrichten lehrt, die Kraft der Verwandtſchaft, die Neigung zur Salzbildung.

Wir treten in eine Sodafabrik ein. Was wollen wir hier? wird der Leſer verwundert fragen. Was hat die Soda, das kohlenſaure Natron, mit der Schwefelſäure zu thun? Sie verdankt ihr in der Gegenwart

Digitized by Google

ihr werthvolles Dasein. Vor 70 Jahren noch war die einzige Quelle der Soda die Asche gewisser Strandpflanzen. Ihre Produktion war natürlich eine sehr beschränkte, die mit den Bedürfnissen der Industrie, der Glas- und Seifenfabrikation, der Färberei und Kattundruckerei in keinem Verhältniß stand. Jetzt geht sie in Hunderttausenden von Centnern aus Hunderten von Fabriken hervor und hat sich durch ihre Wohlfeilheit den Sieg über die Pottasche, welche ihr die Herrschaft in der industriellen Welt streitig machte, errungen. Dort jene schwerbeladenen Wagen, die eben zum Fabrikthor einfahren, enthalten das Material, aus dem die Soda jetzt bereitet wird; es ist Kochsalz. Und hier die Schwefelsäure ist das Zaubermittel, das sie aus dem Kochsalz hervorzaubert.

Kochsalz ist salzsaures Natron. Wäre es möglich, unmittelbar die Salzsäure dieses Salzes durch Kohlensäure zu ersetzen, so wäre die Sodagewinnung keine Kunst. Aber die Salzsäure weicht der schwächeren Kohlensäure nicht, und nur auf einem sinnreichen Umwege gelang es der Chemie, das Natron für diese zugänglich zu machen. Die Schwefelsäure war es, die hier ihre großartige Thätigkeit entfalten mußte. Sie zersetzte das Kochsalz, verdrängte die Salzsäure und vereinigte sich mit dem Natron zu einem neuen Salze, dem schwefelsauren Natron. Die Salzsäure ist also das erste werthvolle Produkt, das aus diesem Processe hervorgeht. Durch ein besonderes Rohr werden ihre

Digitized by Google

Gase in große Vorlagen geleitet und dort verdichtet, während ein Theil derselben freilich durch den Schornstein entweicht und, wenn dieser nicht sehr hoch ist, eine äußerst verderbliche Wirkung auf die Vegetation der Umgebung ausübt. Das schwefelsaure Natron, das in dem Kessel in schönen, klaren Krystallen zurückbleibt, ist dasselbe bitterlich schmeckende Salz, das wegen seiner medicinischen Wirkungen dem Leser längst unter dem Namen des Glaubersalzes bekannt ist, dasselbe Salz, das aus Mineralwässern als Karlsbader Salz gewonnen wird. Hier bildet es nur den Uebergang zu neuen Productionen. Es muß seiner Schwefelsäure wieder beraubt werden. Aber nicht eher gibt es diese Säure frei, ehe sie nicht zersetzt ist, und nur in glühender Hitze geht diese Zersetzung vor sich, und nur die Kohle vermag durch ihre außerordentliche Verwandtschaft zum Sauerstoff erst in der Gluth diese Zersetzung zu bewirken. Mit Kohle und Kalkstein (kohlensaurem Kalk) gemischt, wird das schwefelsaure Natron in einem langen Flammenofen geglüht. Die glühende Kohle entzieht dem schwefelsauren Natron seinen sämmtlichen Sauerstoff und verwandelt es in Schwefelnatrium, während sie selbst verbrannt als Kohlenoxydgas entweicht. Aber der kohlensaure Kalk setzt den Zersetzungsproceß fort. Der Schwefel hat viel größere Verwandtschaft zum Metalle des Kalks, zum Calcium, als zum Natrium und verbindet sich mit diesem, während der Sauerstoff des Kalks an das Na-

trium tritt, und das so gebildete Natron (Natriumoxyd) sofort sich der frei werdenden Kohlensäure bemächtigt, um kohlensaures Natron, Soda, zu bilden. Durch Auslaugen wird das leicht lösliche Sodasalz von dem unlöslichen Schwefelcalcium getrennt, während es durch Abdampfen und Krystallisiren sich auch von den übrigen verunreinigenden Stoffen, besonders Kochsalz und Glaubersalz, scheidet.

Auf solchem Umwege mußte die Chemie zu erreichen suchen, was ihr auf gradem Wege nicht möglich war, aus dem Kochsalze Soda zu gewinnen. Die Schwefelsäure mußte erst ihre Verwandtschaftskraft geltend machen, um dann einer neuen Verbindung zum Opfer zu fallen, mußte dann, durch die Kohle getheilt und durch diese Theilung der Elemente geschwächt, auch ihren letzten Ueberrest, den Schwefel, an das Calcium abtreten, um so der Kohlensäure den Weg zum Natron zu öffnen.

Wir betreten eine andere chemische Fabrik. Ungeheure Halden von Thonschiefer, der hier in der Nähe gegraben wurde, sind das Erste, worauf unser Blick fällt. Sie sind das Rohmaterial dieser Fabrik. Der Thonschiefer besteht hauptsächlich aus Kieselerde, Thonerde und Kohle und sehr feinen, eingesprengten Körnchen von Schwefeleisen. Auf diesen Gehalt hin gründet sich eine der wichtigsten Fabrikationen, die des Alauns. In seinem Schwefeleisen und der Thonerde enthält dieser Thonschiefer, der seiner Verwendung wegen auch Alaun-

Digitized by Google

schiefer genannt wird, die wesentlichsten Bestandtheile des Alauns, der eine Verbindnng von schwefelsaurer Thonerde und schwefelsaurem Kali ist. Durch Rösten, d. h. langsames Erhitzen der mit Holz geschichteten Thonschieferhalden, wird das Schwefeleisen durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft in jenes bekannte schwefelsaure Eisenoxydul oder den grünen Vitriol verwandelt, während ein anderer Theil des Schwefels sich allmälig zu Schwefelsäure oxydirt, die sich mit der Thonerde verbindet. Aber auch der Eisenvitriol erfährt noch durch die fortgesetzte Einwirkung des Sauerstoffs der Luft weitere Veränderungen; ein Theil seines Eisenoxyduls verwandelt sich in Eisenoxyd, das sich schon mit einer geringeren Menge von Schwefelsäure begnügt, um schwefelsaures Eisenoxyd zu bilden, und so wieder einen Theil der Schwefelsäure für die Thonerde frei macht. Der geröstete Alaunschiefer wird nun mit Wasser ausgelaugt, und die Lauge in ungeheuern, gemauerten Pfannen eingedampft, in denen die über den Spiegel der Flüssigkeit hinstreichende Flamme eine schnelle Verdunstung veranlaßt. Bei längerem Kochen scheidet sich alles schwefelsaure Eisenoxyd als braunes Pulver ab und kann durch Glühen in jenes bekannte Pariser Roth verwandelt werden, wenn man es nicht lieber zuvor durch altes Eisen, das man der kochenden Lösung zusetzte, in Eisenvitriol umwandelte, das sich in schönen, grünen Krystallen aus der Flüssigkeit absondert. Jetzt ist der Augenblick für die Bereitung des Alauns ge-

Digitized by Google

kommen. Zu der noch ſchwefelſaure Thonerde enthaltenden Lauge wird jener zweite, für die Bildung des Doppelſalzes, des Alauns, erforderliche Beſtandtheil, das ſchwefelſaure Kali zugeſetzt. Bei der Salpeterſäurefabrikation wie bei jener Darſtellungsweiſe der engliſchen Schwefelſäure, wo man ein Gemenge von Salpeter und Schwefel zur gleichzeitigen Erzeugung von Stickſtoffoxyd und ſchwefligſauren Dämpfen verwandte, wurde das ſchwefelſaure Kali als ein läſtiges, ſcheinbar unnützes Nebenprodukt gewonnen. Hier findet es ſeine Verwendung. Es vereinigt ſich mit der ſchwefelſauren Thonerde und bildet ein feines, kryſtalliniſches Pulver, das Alaunmehl, das durch abermalige Auflöſung und Abdampfung in die ſchönen, großen, waſſerhellen Alaunkryſtalle verwandelt wird, die in der Färberei und Druckerei, in der Papierfabrikation und Weißgerberei eine ſo bedeutende Rolle ſpielen. Darin aber ruht die außerordentliche Kraft unſerer heutigen Technik, daß ſie in weiſer Nachahmung des großen Naturhaushaltes nichts als unnütz oder verbraucht wegwirft, daß ihr ſo wenig wie der Natur ein Stoff verloren geht, daß gleich dem Kreislauf der Stoffe alle Fabrikzweige in einander greifen, einander ergänzen, und was der eine zerſtört, in dem andern ſeine Wiedergeburt findet.

Von dieſem Abrunden, dieſem Ineinandergreifen der Productionen ſehen wir in unſrer Fabrik einen noch ſchlagenderen Beweis. Zu mächtigen Haufen gethürmt liegt der Eiſenvitriol da, ſeiner Verwendung

Digitized by Google

harrend. Die Färberei weiß keinen hinreichenden Gebrauch davon zu machen, weil die grauen, violetten und Lila-Farben, die sie ihr erzeugen half, aus der Mode gekommen sind. Der Fabrikant sann daher auf eine sicherere Verwendung seines Nebenprodukts und fand sie in dem Berlinerblau. Eine ganze Reihe neuer Produktionen wurde damit in die Fabrik gezogen.

Eine Heerde alter, abgemagerter Pferde draußen auf dem Weidegrunde, ein Haufen alter Schuhe und Stiefeln in einem Schuppen, das ist das Rohmaterial für diese neue Fabrikation. Der Thierkörper ist ein werthvolles, während eines langen Lebens angesammeltes Kapital, das der Fabrikant hier ausbeuten will. Zwei sehr bekannte Stoffe, Kohlenstoff und Stickstoff, sind es, die in den Haaren, dem Horn, dem Leder und Blut der Thiere besonders reichlich enthalten sind, und die sich beim Glühen dieser thierischen Massen mit Kali zu jenem wichtigen Blaustoff, dem Cyan, vereinigen, der mit dem Eisen verbunden das herrliche Berlinerblau liefert. Aber noch andere Kapitalien stecken in diesen Thierleibern. Ihr Fleisch wandert in große eiserne Kessel, um durch das Feuer verflüchtigt und in jenes bekannte Riechsalz der Damen, das Ammoniak, verwandelt zu werden. In die Knochen aber legte langsam das Leben einen der wichtigsten und interessantesten Stoffe, den Phosphor nieder. In großen Kesseln werden sie hier mit Salzsäure übergossen, und doch würden wir glauben, sie noch unverändert vor uns zu

Digitized by Google

ſehen, wenn uns das Gefühl nicht lehrte, daß es nur noch weiche Gallertmaſſen ſind, welche die Form der Knochen behalten haben. Dieſe Knochengallerte wird zu Leim verſotten. Aber die Flüſſigkeit enthält den werthvolleren Stoff.

Die Salzſäure hat die feſte Maſſe der Knochen, den phosphorſauren Kalk, aufgelöſt, aber ſie ſelbſt wird leicht wieder durch das aus dem Fleiſche gewonnene Ammoniak entfernt, mit dem ſie ſich zu Salmiak vereinigt. Als ein ſchlammiger Niederſchlag ſcheidet der phosphorſaure Kalk ſich aus. Es gilt jetzt, die Phosphorſäure vom Kalke loszureißen, um ſie dann ihres Sauerſtoffes zu berauben und ſo den Phosphor frei zu machen. Da muß die Schwefelſäure wieder ihre Hülfe bieten. Ihre mächtige Verwandtſchaftskraft zerlegt das Salz, ſie bindet den Kalk und bildet Gyps (ſchwefelſauren Kalk), und der Phosphorſäure kann nun durch Kohle in der Hitze des Ofens der Sauerſtoff geraubt werden. Der befreite Phosphor deſtillirt über und wird unter Waſſer aufgefangen. So ſehen wir in dieſe Fabrik nichts als Thonſchiefer, Thierkörper, Schwefelſäure, Salzſäure, ſchwefelſaures Kali und Kohle eingehen und nach mannigfachen Verwandlungen dieſelben Stoffe als Alaun, Eiſenvitriol, Pariſer Roth, Blutlaugenſalz, Berlinerblau, Ammoniak, Salmiak, Leim, Phosphor und Gyps daraus hervorgehen.

Wir haben nun zwei Fabriken durchwandert, um die Wirkungsweiſe der Schwefelſäure kennen zu lernen.

Digitized by Google

Es war jedenfalls eine doppelte. Einmal war sie es, welche die Verbindungen der Stoffe, die Salze, aufschloß und die Säuren befreite, oder die Basen der Einwirkung anderer Säuren oder der ferneren Zersetzung fähig machte. Dann aber lieferte sie auch unmittelbar wichtige Produkte durch ihre Verbindung mit Basen, die schwefelsauren Salze.

Kaum gibt es eine Säure, welche nicht vor der allgewaltigen Kraft der Schwefelsäure zurückwiche und ihr die Basen als Beute überließe. Wir sahen sie bereits die Salzsäure aus dem Kochsalz, die Salpetersäure aus dem Salpeter, die Phosphorsäure aus der Knochenerde austreiben. In ähnlicher Weise bereitet man durch sie aus dem Weinstein, (weinsaurem Kali, in seiner Reinheit bekannt als Cremor tartari) welchen sich beim Lagern der Weine als eine dicke, röthliche Kruste abscheidet, die Weinsäure. Auch die Essigsäure wird in gleicher Weise durch Abscheidung aus essigsauren Salzen mittelst Schwefelsäure dargestellt. Dieser Umstand hat in neuerer Zeit eine wichtige Bedeutung für die Essigfabrikation gewonnen. Es ist bekannt, daß jede weingeist- oder zuckerhaltige Flüssigkeit durch Aufnahme von Sauerstoff, der ihr durch leicht zersetzbare Fermente in ähnlicher Art, wie der schwefligen Säure durch Stickstoffoxyd, aus der Luft zugeführt wird, sich allmälig in Essig verwandelt. Man hat daher versucht, auch den geringen Zuckergehalt des Holzes zu diesem Zwecke auszubeuten. Bei der Destillation des Holzes, welche häufig zur

Digitized by Google

Gewinnung von Kohle und Leuchtgas vorgenommen wird, bildet ſich nämlich außer Theer und ſogenanntem Holzgeiſt ein ſchwacher und unreiner Eſſig, der unter dem Namen Holzſäure bekannt iſt. Aber freilich iſt dieſer Eſſig zu verdünnt, um praktiſche Benutzung zu finden. Man bindet ihn daher durch Zuſatz von Soda an das Natron und zerſetzt nun das trockene eſſigſaure Natron durch Schwefelſäure. So gewinnt man eine reine und concentrirte Eſſigſäure, die jedenfalls in den Gewerben jede anders bereitete durch ihre Wohlfeilheit zu verdrängen im Stande iſt.

Eine noch bedeutendere Rolle ſpielt die Schwefelſäure in der Fabrication der Stearinlichte. Vielleicht iſt nicht jedem Leſer bekannt, daß er in ſeinen Stearinkerzen Säure brennt. Unſre Fette, beſonders die thieriſchen, beſtehen hauptſächlich aus 3 Grundſtoffen, aus Stearin, Margarin und Olein. Der letztere, der Oelſtoff, iſt es, welcher ihre Leichtflüſſigkeit und durch ſeine Oxydation an der Luft ihr Ranzigwerden bewirkt, während beſonders der erſtere, der feſte, wachsartige Talgſtoff, ihnen durch ſein Verbrennen die Leuchtkraft verleiht. Wäre es alſo möglich, den Talg von ſeinem Oleingehalt zu befreien, ſo wären damit gleichzeitig alle ſeine üblen Eigenſchaften entfernt. Ohne bedeutenden Koſtenaufwand iſt dies freilich direkt nicht möglich, aber auf einem Umwege läßt ſich dieſer Zweck faſt vollkommen erreichen. Durch Alkalien oder alkaliſche Erden wird auch in den Stoffen des Talges die Neigung zur Salz-

Digitized by Google

bildung erregt. Sie zerlegen sich in Säuren und einen süßen zuckerartigen Stoff, das Glycerin oder Oelsüß. Diese Säuren, Stearinsäure, Margarinsäure und Oleinsäure, verbinden sich mit den Alkalien oder dem Kalke und bilden Seifen. Hier ist es nun wieder, wo die Schwefelsäure helfen muß. Durch sie werden diese Seifen zersetzt, und die befreiten Fettsäuren scheiden sich nun in zwei Theiee, die durch Pressen von einander gesondert werden, in die flüssige Oelsäure und in eine feste weiße Masse, die aus Stearin- und Margarinsäure besteht. Die letzteren aber, besonders die Stearinsäure, zeigen in ihren Eigenschaften, in ihrer Wachsähnlichkeit und Leuchtkraft, eine solche Uebereinstimmung mit dem Stearin, daß auf sie die Fabrication der Stearinlichte gegründet wurde.

Noch zahlreichere Fälle ließen sich anführen, wo die Schwefelsäure nicht um ihrer selbst, sondern nur um der Dienste willen, die sie leistet, um der Stoffe willen, die sie befreit oder zugänglich macht, den Eintritt in die Fabriken findet. Wir wenden uns indeß zu den Produkten, die sie liefert, indem sie bleibend Stoffe an sich bindet, zu den schwefelsauren Salzen und deren Bedeutung für das technische Leben.

Die gewaltsame Thätigkeit der Schwefelsäure, ihre auflösende und zersetzende Einwirkung auf chemische Verbindungen, durch die sie auch in der technischen Welt

eine so tiefeingreifende Rolle spielt, beruht allein auf dem in dem Wesen der Säure begründeten Streben nach Salzbildung. Es ist die Unruhe der Nichtbefriedigung. Das Produkt einer solchen Thätigkeit ist stets ein Salz. Auch diese schwefelsauren Salze aber haben in der Technik eine große Bedeutung erhalten.

Schwefelsaure Salze sind die Produkte jeder unmittelbaren Einwirkung der Schwefelsäure auf Metalloxyde. Wenn aber die Schwefelsäure ein Metall auflöst, so geschieht es gleichfalls nur, um ein Salz zu bilden. Doch um zu diesem Zwecke zu gelangen, muß sie oft eine Menge jener Veränderungen und Bewegungen hervorrufen, die der umsichtige Techniker theils zur Befreiung von Gasen oder Säuren oder Basen, theils zur Beseitigung von Hindernissen benutzt, die eine beabsichtigte Einwirkung auf seine Stoffe oder deren Verwendung unmöglich machten. In unseren Döbereiner'schen Zündmaschinen haben wir einen Vorgang dieser Art vor uns. Wir haben hier ein Metall, das Zink, auf das wir verdünnte Schwefelsäure einwirken lassen. Das Zink muß sich erst oxydiren, ehe es sich mit der Schwefelsäure vereinigen kann. In heftiger Begier raubt es darum dem Wasser, es zersetzend, seinen Sauerstoff und befreit so den Wasserstoff, den wir unter Brausen entweichen und, durch den Platinschwamm entzündet, die kleine, blasse Flamme unseres Feuerzeuges veranlassen sehen. Das Resultat des Processes ist die Auflösung des Zinkes, d. h. die Bildung des

im Waſſer gelöſten ſchwefelſauren Zinkſalzes. Ganz in derſelben Weiſe wirkt die Schwefelſäure auf Eiſen; ſie löſt es auf, ſobald die Gegenwart von Waſſer durch ſeine Zerſetzung eine Oxydation des Metalls möglich macht. Eine concentrirte Schwefelſäure vermag dagegen dem Eiſen und Zink nichts anzuhaben, weil mit dem Waſſer die Sauerſtoffquelle fehlt, und nach dem ſtrengen Geſetze der Chemie nur Oxyde mit Säuren ſich binden dürfen. Concentrirte Schwefelſäure kann man in eiſernen Keſſeln kochen. Eine ganz andere Erſcheinung ſehen wir bei einer andern Gruppe von Metallen auftreten. Kupfer wird von verdünnter Schwefelſäure faſt gar nicht angegriffen, während es von concentrirter Säure auf das heftigſte zerſtört wird. Aber hier geſchieht die Oxydation des Kupfers auf Koſten der Schwefelſäure ſelbſt. Schwefligſaure Dämpfe ſteigen auf und zeigen an, daß ein Theil der Schwefelſäure ihres Sauerſtoffes wenigſtens theilweis beraubt ward, um die Bildung des Kupferſalzes, das ſich in der Flüſſigkeit auflöſt, einzuleiten. Queckſilber, Silber und Blei verhalten ſich ähnlich, und wir ſahen deshalb, daß die noch wäſſrige Schwefelſäure der Fabriken in Bleipfannen wenigſtens bis zu einem gewiſſen Grade eingedampft werden konnte. Nur wenige Metalle gibt es, auf welche die Schwefelſäure gar keine Wirkung auszuüben vermag. Es ſind die edelſten des Metallreichs, Gold und Platin. Auf dieſem Umſtande beruht die wichtige Scheidung zweier in der Natur faſt ſtets unzertrennlich mit einander vereinten

Metalle, Gold und Silber. Es gibt faſt kein Silber, das nicht goldhaltig, kein Gold, das nicht ſilberhaltig wäre. Durch Kochen mit concentrirter Schwefelſäure wird das Silber und das gewöhnlich gleichzeitig damit verbundene Kupfer aufgelöſt, während das unveränderte Gold am Boden der gußeiſernen Keſſel zurückbleibt. So iſt es möglich, ſelbſt aus alten Silbermünzen noch den geringen Goldgehalt mit Vortheil auszubeuten.

Dieſe ſchwefelſauren Metallſalze waren es, welche die Chemiker des Mittelalters unter dem Namen der Vitriole ſtreng von den eigentlichen Salzen ſchieden und als eine Art von Halbmetallen bezeichneten. Einige von ihnen nämlich, und gerade die bekannteſten und verbreitetſten, treten aus ihren Löſungen in der Geſtalt großer, ſchöner Kryſtalle, meiſt ſchiefer, rhombiſcher Säulen auf und zeigen einen Glanz und eine Durchſichtigkeit, durch ſie an das Glas erinnern. Aus dieſer Eigenthümlichkeit leitet ſich der Name der Vitriole her, den der bekannte Albertus Magnus gegen Ende des 12. Jahrhunderts zuerſt gebraucht, wenngleich der ſpätere Alchymiſt Baſilius Valentinus durch ein künſtliches Wortſpiel eine andere Ableitung verſucht. „Obgleich es vom gemeinen Manne nur Kupferwaſſer genannt wird," ſagt er vom unreinen Kupfer- und Eiſenvitriol, „ſo haben es doch die alten Weiſen wegen ſeiner unausſprechlichen Tugend und Würdigkeit erhöht und Victriolum genannt, weil ſein geiſtlich Oleum alle drei Principien aller Victoriae in

ſich hält und begreift.“ Trotz dieſer Lobpreiſung kannten die Alten doch nur von fern die Bedeutung, welche die Vitriole gegenwärtig erlangt haben. Ueberdies verwechſelten ſie ſie beſtändig unter einander und mit dem Alaun, da faſt nur das äußere Anſehen ſie in ihren Unterſcheidungen leitete. So kannten ſie zwar den Eiſenvitriol, das atramentum sutorium, als grünen Vitrol, den Kupfervitriol, chalcanthum, als blauen und römiſchen Vitriol, und ſeit dem 15. Jahrh. auch den Zinkvitriol als weißen oder Galizenſtein. Aber in ihren Wirkungen kamen ſie ihnen faſt ganz überein. In der Arzneikunde der Alten galten die Vitriole beſonders als Brechmittel, während ſie im Gewerbe als ſchwarzfärbendes Mittel, beſonders zum Schwärzen des Leders gebraucht wurden; denn ſchon die Römer kannten die ſchwarzfärbende Wirkung des Galläpfelſaftes auf eiſenhaltige Subſtanzen. Aber das hohe Lob des Baſilius Valentinus bezieht ſich doch hauptſächlich auf die alchemiſtiſche Bedeutung, die ſie im Mittelalter erhielten. In jener blaugrünen Verbindung von Eiſen- und Kupfervitriol, alſo einer Verbindung von Venus und Mars, wie ſie ſich den unerfahrenen Chemikern des Mittelalters gewöhnlich darbot, ſahen ſie die materia prima, den Urſtoff zur Darſtellung des Steins der Weiſen, den Samen des Goldes, und darauf bezieht ſich einer ihrer bekannten Troſtſprüche: „Wer da kennt Martis und Veneris Schlack', der kann füllen Beutel und Sack.“

Digitized by Google

Der heutige Nutzen der Vitriole ist ein nüchternerer, aber bewußterer. Ihre Wirkung gründet sich hauptsächlich darauf, daß sie die Metalle in einem aufgelösten flüssigen, also in einem solchen Zustande enthalten, der sie fähig macht, selbst ihre eigenthümlichen Wirkungen auf die Stoffe auszuüben. Sie sind im Stande, selbst Salze mit und in andern Stoffen zu bilden. Solchen Salzbildungen verdanken wir unsere Tinte, wie die Beizen in der Färberei. Jene beruht auf der Bildung eines gallsauren Eisenoxydes, diese auf der unlöslicher, salzähnlicher Verbindungen, welche die Metalloxyde mit den pflanzlichen Farbstoffen in den Fasern der Gewebe eingehen. Es ist bekannt, daß die Farbstoffe an den meisten thierischen und pflanzlichen Fasern nur sehr oberflächlich haften und vom Wasser daher sehr leicht wieder weggenommen werden. Sind die Gewebe aber vorher von Beizen, unter denen die Vitriole und der Alaun obenanstehen, durchdrungen, so ertheilt ihnen der Farbstoff, indem er sich in den Poren der Fasern mit dem Metalloxyd oder der Thonerde zur Lackfarbe verbindet, eine bleibende Färbung. Zugleich bestimmen diese Beizen den Ton der Farben. So verwandelt die Eisenbeize die Farbe des Blauholzes in Schwarz und Grau, des Krapp in Lila, während die Kupferbeize das Blau des Blauholzes, die Thonbeize das Roth des Krapp erhält. Eine besondere Wichtigkeit hat der Eisenvitriol in neuerer Zeit in der Indigofärberei erlangt. Wir haben schon gesehen, daß der Indigo

Digitized by Google

der einzige organiſche Stoff iſt, welchen die concentrirte Schwefelſäure nicht zerſtört, ſondern nur auflöſt. Die rauchende Schwefelſäure war darum lange das einzige Auflöſungsmittel für den Indigo. Ein anderes aber hat man in der Berührung mit gewiſſen Stoffen gefunden, welche eine außerordentliche Begierde haben, Sauerſtoff an ſich zu ziehen. Ein ſolcher iſt aber das Eiſenoxydul des Eiſenvitriols. Indigo, mit Eiſenvitriol und Kalk gemiſcht, verliert allmälig ſeine blaue Farbe und löſt ſich zu einer klaren, gelblichen Flüſſigkeit auf. Das Eiſenoxydul, das durch den Kalk aus dem Eiſenvitriole ausgeſchieden wurde, hat ihn entfärbt, indem es ihm den Sauerſtoff entzog und ſelbſt als Eiſenoxyd zu Boden fiel, zugleich aber den Indigo im Kalkwaſſer auflöslich machte. Dieſer reducirte farbloſe Indigo gewinnt in den Zeugen an der Luft ſeine blaue Farbe wieder, indem er den Sauerſtoff allmälig wieder anzieht. Dieſe Eigenſchaft des Eiſenvitriols, die auch Zink- und Kupfervitriol mit ihm theilen, hat man auch in der Zeugdruckerei in ſinnreicher Weiſe zu benutzen gewußt. Hier müſſen nämlich die Muſter mit einer die Befeſtigung der Farbe hindernden Maſſe aufgedruckt werden. Dazu gebraucht man eine Miſchung von Kupfer- oder Zinkvitriol mit Pfeifenthon und Gummi, und dieſe Metallſalze oxydiren dann beim Eintauchen in die Indigoküpe den Indigo ſofort, ehe er zum Zeuge gelangt, ſo daß alſo nach dem Waſchen der Zeuge weiße oder helle Muſter auf dunkelm Grunde

Digitized by Google

erſcheinen, denen man durch andere Farbebrühen auch bunte Farben ertheilen kann.

So innig auch in den Vitriolen die Verbindung der Schwefelſäure mit den Metalloxyden iſt, ſo gibt es doch Stoffe, die ſich einer noch weit mächtigeren Zuneigung der Schwefelſäure rühmen können. Es ſind die Alkalien und Erden. Wo ſie in ein ſchwefelſaures Metallſalz eindringen, da bewirken ſie ſofort eine gänzliche Zerſetzung deſſelben; die Schwefelſäure läßt gleichgültig das Metalloxyd fallen, um ſich dem befreundeteren Verwandten, dem Alkali zuzuwenden. Den Produkten ſolcher Verbindungen, den ſchwefelſauren Alkaliſalzen, ſind wir bereits mannigfach begegnet. Das ſchwefelſaure Kali lernten wir bereits bei der Alaunbereitung kennen, und das ſchwefelſaure Natron oder Glauberſalz war es ja, das wir in der Sodafabrik den wichtigen Uebergang vom Kochſalz zur Soda vermitteln ſahen.

Unter den ſchwefelſauren Erdſalzen ſteht ihres techniſchen Nutzens wegen die ſchwefelſaure Thonerde obenan. In ihrer Verbindung mit dem ſchwefelſauren Kali als Alaun lernten wir ſie bereits als ein vorzügliches Beizmittel in der Färberei und als ein Gerbmittel in der Weißgerberei kennen, welches mit der leimgebenden Subſtanz der thieriſchen Haut eine die Eigenſchaften des Leders beſitzende Verbindung hervorbringt. Wir könnten noch eine Menge von Anwendungen dieſes Alauns anführen, wie zum Klären trüber

Digitized by Google

Flüſſigkeiten, zum Leimen des Papiers, zum Färben der Goldwaaren, zum Klären des Fettes; aber alle dieſe Anwendungen beruhen auf der einen Eigenſchaft der im Alaun löslichen Thonerde, unlösliche, lackartige Verbindungen mit organiſchen Stoffen einzugehen. Er iſt übrigens nur der Hauptrepräſentant einer großen Gruppe von ähnlichen Verbindungen, die alle den Namen der Alaune führen. Die ſchwefelſaure Thonerde beſitzt nämlich die eigenthümliche Neigung, ſich mit den ſchwefelſauren Alkalien zu Doppelſalzen zu verbinden, die in Kryſtallform und Zuſammenſetzung einander vollkommen gleich ſind. Statt des ſchwefelſauren Kali's kann alſo ebenſo gut auch das ſchwefelſaure Natron oder Ammoniak eintreten. Aber nicht genug, auch die Thonerde kann in dieſen Doppelſalzen durch eine Menge anderer Stoffe, durch Eiſenoxyd, Maganoxyd, Chromoxyd erſetzt werden, ohne daß die bekannte Octaëderform des Alaunkryſtalls die geringſte Veränderung erleidet. Dieſe merkwürdige Erſcheinung, daß verſchiedene Stoffe einander in einer Verbindung ohne Einfluß auf ihre Kryſtallform vertreten können, iſt mit dem Namen der Iſomorphie bezeichnet worden und hat zu einer Menge ähnlicher, für die Chemie äußerſt wichtiger Beobachtungen geführt.

Kaum bedarf es der Erwähnung zweier andrer ſchwefelſauren Erdſalze, der ſchwefelſauren Magneſia und des ſchwefelſauren Kalkes. Jene iſt als Bitterſalz dem Leſer hinreichend bekannt durch ihren mediciniſchen Ge-

Digitized by Google

brauch, dieſer als Gyps und Alabaſter in ſeinen vielfachen Anwendungen in der Bildner- und Baukunſt, wie durch die gewaltige Rolle, die er im feſten Bau unſrer Gebirge und unſrer Erdrinde in grauer Vorzeit ſpielte. Aber ein viertes Erdſalz dürfte dem Leſer weniger bekannt ſein, da es in der Technik nur eine höchſt untergeordnete Rolle ſpielt, höchſtens zum Emailliren gußeiſerner Geſchirre und bisweilen als Flußmittel bei Bereitung manches Steingutes und Flaſchenglaſes dient, ja ſogar eine Zeit lang durch die mancherlei Fälſchungen von Farben nicht allein, ſondern ſelbſt von Mehl und Brod, zu denen man es mißbrauchte, einen ſehr zweideutigen Ruf genoß, während es für den Chemiker eine außerordentliche Bedeutung gewinnt. Es iſt der ſeines Gewichts wegen gewöhnlich als Schwerſpath bezeichnete ſchwefelſaure Baryt. Zeichneten ſich alle bisher erwähnten ſchwefelſauren Salze, bis auf das ſchwefelſaure Bleioxyd und den Gyps, durch ihre leichte Löslichkeit im Waſſer aus, ſo tritt ihnen der ſchwefelſaure Baryt als ein völlig unlöslicher Körper gegenüber. Da er aber zugleich das einzige unlösliche Barytſalz iſt, ſo wird er für den Chemiker zu einem außerordentlich entſcheidenden Kennzeichen für das Vorhandenſein der Schwefelſäure. Wo irgend in einer Flüſſigkeit durch ein lösliches Barytſalz, z. B. das ſalzſaure, eine weißliche Trübung oder gar ein weißer Niederſchlag bewirkt wird, da iſt unzweifelhaft Schwefelſäure zugegen. So fein iſt dieſes Erkennungsmittel, daß es die Schwefel-

Digitized by Google

säure noch anzeigt, wenn sie nur den 400000sten Theil einer Flüssigkeit ausmacht.

Nicht also in der salzbildenden Kraft der Schwefelsäure allein und in den durch sie bewirkten Zersetzungen und Verbindungen, sondern auch in ihren Erzeugnissen, in den Salzen eröffnet sie sich einen bedeutenden Wirkungskreis auf dem Gebiete der Technik. Der Wirksamkeit der Schwefelsäure selbst setzt freilich die ungeheure Stärke dieser Kraft in den Salzen feste Schranken. Keine Säure, keine Feuersgluth vermag die Bande zu lösen, welche die Schwefelsäure in ihren meisten Salzen fesselt; nur zu wechseln vermag sie die fesselnden Stoffe nach dem Gesetze der Wahlverwandtschaft, nicht sie zu verlassen. Wie gewaltig aber und werthvoll diese salzbildende Kraft der Schwefelsäure auch sein mag, es gibt noch eine geheimnißvolle und wahrhaft zauberische Thätigkeit der Schwefelsäure, die sie auf einem gewissen Gebiete der organischen Stoffe entfaltet. Es gibt eine Thätigkeit, durch die sie Umwandlungen hervorruft, ohne selbst die geringste Veränderung zu erleiden, scheinbar durch ihre bloße Gegenwart. Sonst hieß uns wirken: einen Theil seines Selbst opfern für das Andre; hier scheint es anders.

Wenn wir unsre gewöhnliche Stärke, Kartoffel- oder Weizenstärke, in einem mit Schwefelsäure schwach gesäuerten Wasser kochen, so nimmt die Flüssigkeit allmälig einen süßen Geschmack an, die ganze Stärke verwandelt sich in Zucker. Es ist der bekannte Kar-

Digitized by Google

toffelzucker, Kümmel- oder Traubenzucker, der allerdings nur $^{2}/_{3}$ der Süßigkeit des Rohrzuckers beſitzt, auch nicht die ſchöne kryſtalliniſche Form deſſelben annimmt und ſchwerer im Waſſer löslich iſt, aber doch immer eine bedeutende Verwendung im häuslichen Leben, wie zur Bereitung geiſtiger Getränke, freilich auch zur Verfälſchung des Rohrzuckers findet. Die Schwefelſäure hat dieſe Verwandlungen bewirkt, aber ſelbſt keinen Theil daran genommen, da ſie ohne Verluſt durch Kalk wieder ausgeſchieden werden kann. Es iſt ein Vorgang, der uns an ähnliche im Leben der Pflanzen ſelbſt erinnert. Auch in der reifenden Frucht verwandelt ſich allmälig die Stärke in Zucker, anfangs in Rohrzucker, endlich wohl durch Einwirkung der in den Fruchtſäften vorhandenen Säuren in Traubenzucker. Stärke, Rohrzucker, Stärkezucker unterſcheiden ſich aber ſtofflich durch nichts weiter als durch verſchiedene Mengen der Elemente des Waſſers. Sie alle ſind nichts als Verbindungen des Kohlenſtoffs mit dieſen Elementen, nur daß in der Stärke auf 4 Pfd. Kohlenſtoff 5 Pfd., im Rohrzucker 6 Pfd., im Stärkezucker 7 Pfd. der Waſſerelemente kommen. Wir können uns alſo die Wirkſamkeit der Schwefelſäure, wenn wir durch ſie nicht allein Stärke, ſondern auch Pflanzenfaſer, Papier, Kattun- und Leinwandlumpen, ſelbſt Sägeſpäne in Zucker umwandeln, nur ſo vorſtellen, daß ſie die Stärke fähig macht, ſich in höheren Verhältniſſen mit den Elementen des Waſſers zu verbinden. Auf dieſe ſeltſame Wirkung der Schwefel-

Digitized by Google

säure gründet sich nun einer der wichtigsten Industriezweige unsrer Zeit, die Kartoffelzuckerfabrikation. Aber wenn die Schwefelsäure uns helfen mußte, den Zucker zu schaffen, so muß eine andre Schwefelverbindung dazu kommen, ihn zu schützen und zu bewahren. Wir wissen, daß zuckerhaltige Säfte eine außerordentliche Neigung zeigen, in Gährung überzugehen, sich in Weingeist und endlich in Essig umzuwandeln. Die schweflige Säure und ihre Salze sind es nun, welche diese Neigung ersticken, welche den Zuckersaft unverändert erhalten, bis der Fabrikant ihn aus den Pflanzensäften ausgezogen, verdickt und krystallisirt hat. Die Entdeckung dieser Eigenschaft der schwefligen Säure durch Melsens in Brüssel ist daher für die Rübenzuckerfabrikation von höchster Bedeutung geworden. Aber auf jene räthselhafte Thätigkeit der Schwefelsäure gründet sich seit Kurzem noch eine andere Industrie. Es ist bekannt, daß die Wurzel der Färberröthe, der Krapp, einen der gewöhnlichsten und schönsten rothen Farbstoffe des Färbers bildet. Aber diese Wurzel enthält neben dem Farbstoffe noch eine Menge andrer ihre Brauchbarkeit beeinträchtigenden Stoffe, namentlich Gummi und Schleim. Man entdeckte indeß, daß die verdünnte Schwefelsäure auf diese schädlichen Nebenbestandtheile eine verändernde Wirkung ausübt, sie in löslichen Zucker verwandelt und endlich ganz zerstört, während sie den Farbstoff selbst unverändert erhält, sogar verschönt. So wurde man in den Stand gesetzt, den reinen Farbstoff

Digitized by Google

des Krapp, des Garancin, darzuſtellen, der eine 5fach ſtärkere Färbekraft beſitzt, als jene Wurzel. So ward die Beobachtung einer anfangs unſcheinbaren Eigenſchaft der Schwefelſäure bereits nach zwei Seiten hin zu einem Hebel der Induſtrie und der Gewerbe, zu einem Hebel der Volkswohlfahrt.

Daß wir ein Recht hatten, den Schwefel als den Höhenmeſſer für die Induſtrie der Völker zu bezeichnen, dafür dürfte der Leſer im Laufe unſerer Betrachtungen bereits einigen Glauben gewonnen haben. Und doch war es bisher nur eine einzige Verbindung des Schwefels, deren Eingriffe in die Induſtrie wir zu ſchildern verſuchten, ſeine Verbindung mit dem Sauerſtoffe. Aber noch gibt es zahlreiche andere Verbindungen, und ihre Bedeutung für die Induſtrie, ja ſelbſt für das Leben und Gedeihen der organiſchen Körper, iſt nicht minder groß. Denn der Stoffe in der Natur ſind nur wenige, mit denen der Schwefel ſich nicht verbinden könnte und mit Liebe verbände.

Selbſt unſere ſonſt gegen Verbindungen ſo gleichgültige Kohle, die von keiner Säure aufgelöſt wird, und deren chemiſche Thätigkeit dem Laien faſt kaum aus einem andern Proceſſe, als ihrer Verbrennung, bekannt iſt, ſelbſt ſie vermag ſich gegen die Lockungen des Schwefels nicht frei zu erhalten, wenigſtens im glühenden Zuſtande, wenn Schwefeldämpfe über ſie hinſtreichen.

Digitized by Google

Sie verbindet ſich mit dem Schwefel zu einer farbloſen, äußerſt beweglichen und leichtbrennenden Flüſſigkeit von höchſt durchdringendem, aber angenehmem Geruche und würzigem Geſchmacke, dem Schwefelkohlenſtoff oder Schwefelalkohol. Zu ihm geſellt ſich durch ein ähnliches chemiſches Verhalten jene bräunliche, ölartige Flüſſigkeit von brennend-bitterem Geſchmacke und erſtickendem Geruche, welche durch das Hindurchleiten von Chlor durch ſchmelzenden Schwefel erzeugt wird, der Chlorſchwefel. Beide Flüſſigkeiten zeichnen ſich dadurch aus, daß ſie im Stande ſind, den Schwefel, der ſonſt allen Löſungsmitteln trotzt, mit großer Leichtigkeit aufzulöſen. Allerdings geben ſie dieſen Schwefel auch leicht wieder ab, wie ſie ſelbſt leicht einer Zerſetzung ausgeſetzt ſind. Aber grade dadurch haben ſie in neuerer Zeit eine große Wichtigkeit im techniſchen Leben erlangt. Kautſchuk und Gutta-Percha, jener kaum ſeit einem Jahrhundert, dieſer erſt ſeit wenigen Jahren bekannt, verdanken jenen Flüſſigkeiten einen großen Theil ihrer jetzigen Verwendung. Beide löſen ſich im Schwefelkohlenſtoff mit großer Leichtigkeit auf und werden dadurch zur Bereitung waſſerdichter Zeuge geeignet. Beide erlangen zugleich durch Eintauchen in eine Miſchung von Schwefelkohlenſtoff und Chlorſchwefel, indem ſie daraus Schwefel aufnehmen, jene Elaſticität, die mit einer gewiſſen Härte und Feſtigkeit verbunden die vorzügliche Brauchbarkeit des ſogenannten vulkaniſirten Kautſchuk bewirkt.

Seine umfaſſendſte Bedeutung aber gewinnt der

Digitized by Google

Schwefel jedenfalls in ſeinen Verbindungen mit den Metallen. Wir wiſſen bereits, daß er ſelten in der Natur rein auftritt, daß er vorzugsweiſe in den Schwefelmetallen vorkommt, und daß dieſe, die Glanze, Blenden und Kieſe des Bergmanns, überhaupt zu den gewöhnlichſten und verbreitetſten Erzen gehören. Der Schwefel hat hier gleichſam jene Rolle übernommen, die heut der Sauerſtoff in dem Wechſelleben der Natur ſpielt. Wie der Sauerſtoff in das innerſte Mark des Lebens dringt, die Stoffe zu verzehren, zu verbrennen, ſo vermochte einſt kein Metall, der Gier des Schwefels zu entgehen; tief in die Adern der Geſteine ſchlich er ihnen nach, ſie an ſich zu feſſeln. Das Silber kommt faſt nie anders, als an Schwefel gebunden, in der Natur vor, und nur durch ein höchſt künſtliches Verfahren iſt es von ihm zu trennen. Durch einen Zuſatz von Kochſalz und Kupfervitriol und durch das aus der Zerſetzung beider Salze hervorgehende Chlorkupfer muß erſt das Schwefelſilber in Chlorſilber umgewandelt werden, um dem Queckſilber zugänglich, und von ihm amalgamirt zu werden. Leichter indeß laſſen ſich die meiſten andern Schwefelmetalle von ihrem Schwefel befreien. Der Schwefel ſpielt nämlich nicht nur ſcheinbar die Rolle des Sauerſtoffs, ſondern er übt wirklich ganz ähnliche Wirkungen aus. Manche ſeiner Verbindungen, wie der Schwefelkohlenſtoff, zeigen vollkommen das Weſen der Säuren und verbinden ſich mit Schwefelmetallen zu Salzen, wie jene mit Metalloxyden. Die Schwefel-

Digitized by Google

metalle selbst aber entsprechen vollkommen den Oxyden, zeigen bald saure, bald basische Eigenschaften, wie jene. Nur herrscht freilich ein festes Gesetz, daß Sauerstoffsäuren sich nur mit Metalloxyden verbinden dürfen. Wirkt also eine solche Säure, z. B. verdünnte Schwefelsäure, auf ein Schwefelmetall, z. B. Schwefeleisen, so ist freilich eine Vermählung Beider vor dem Sittengesetz der Chemie nicht gestattet; sie gelten als unebenbürtig. Aber doch weiß die Säure ihr Recht auf das Metall geltend zu machen; nur muß sich das Metall erst ihrer werth machen, in ein Oxyd verwandeln. Um das zu erreichen, wendet es sich nach außen, raubt seiner Umgebung, was ihm fehlt, den Sauerstoff. So zersetzt das Metall das Wasser, und der freiwerdende Wasserstoff bemächtigt sich nun des vom Metalle im Stiche gelassenen Schwefels; beide vereinigen sich zu dem durch seinen übeln Geruch bekannten Schwefelwasserstoffgase. So wenig Anwendung dieses Gas bisher in der Industrie gefunden hat, so lästig und nachtheilig es sich vielmehr da, wo es in Fabrikationsprocessen sich in großer Menge erzeugt, für die Athmungswerkzeuge erweist, so wichtig wird es für den Chemiker. Gasförmig sowohl, als in Wasser aufgelöst, rächt der Schwefelwasserstoff gleichsam den Raub und die Treulosigkeit, welche das Metall sich zu Schulden kommen ließ. Es zersetzt die meisten Metalloxyde, und sein Schwefel vereinigt sich mit den Metallen zu Schwefelmetallen, während sein Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Oxyde

Waſſer bildet. Dieſe als Pulver ſich abſcheidenden Schwefelmetalle dienen durch ihre charakteriſtiſchen Färbungen dem Chemiker als vorzügliches Erkennungsmittel für die Metalle. Ein gelber Niederſchlag, der in einer Flüſſigkeit durch Schwefelwaſſerſtoff bewirkt wird, deutet mit großer Sicherheit auf das Vorhandenſein von Arſenik, Zinn- oder Cadmiumoxyd hin, ein orangefarbener auf Antimonoxyd, ein ſchwarzer auf Blei-, Kupfer-, Silber- oder Queckſilberoxyd.

Wenn dagegen manche Metalle, wie Eiſen, Zink, Mangan, aus den Auflöſungen ihrer Metalle nicht durch den Schwefelwaſſerſtoff gefällt werden, ſo liegt es an der außerordentlichen Gewalt, mit welcher ihre Oxyde von den Säuren feſtgehalten werden. Hebt man dieſen Zauber, indem man der Säure durch eine noch ſtärkere Baſis, durch Kalk oder Soda, einen Erſatz bietet, ſo wird auch augenblicklich das bisher geſchützte Oxyd (z. B. das Eiſenoxydul des Eiſenvitriols) zerſetzt und das Schwefelmetall gebildet. So wird der Schwefelwaſſerſtoff auch in dieſer Weiſe für den Chemiker wichtig, da er ihm ein Mittel gewährt, ein Metall von dem andern zu ſcheiden, Blei und Kupfer z. B. aus einer Eiſen- oder Zinkauflöſung zu entfernen. Für das bürgerliche Leben kann natürlich ein ſolches Erkennungs- und Scheidungsmittel keine ſo großartige Bedeutung wie für den Chemiker haben; aber ganz fehlt ſie auch hier nicht. Der Schwefelwaſſerſtoff läßt auch manche im Verkehr vorkommende Fälſchung oder Verunreinigung

Digitized by Google

von Stoffen erkennen und verräth durch schwarze Färbung den Bleigehalt des Wassers oder den Kupfergehalt des Essigs.

Die Schwefelmetalle, die wir hier als unlösliche, meist dunkelgefärbte Pulver aus der unmittelbaren Vereinigung des Schwefels und der Metalle in ihren Auflösungen hervorgehen sahen, mögen in der Natur freilich, in der sie so reichlich auftreten, ursprünglich oft auch auf ganz anderen Wegen gebildet sein. Denn auch das Feuer vermag die Vereinigung des Schwefels mit den Metallen zu bewirken, und als sollten wir auch hier an die Aehnlichkeit mit dem Sauerstoffe erinnert werden, sehen wir die meisten Metalle sogar unter Feuererscheinung im Schwefeldampfe verbrennen. Die Schwefelmetalle selbst aber, sowohl die natürlich vorkommenden, als die von der Kunst bereiteten, haben eine große Bedeutung für die Technik. Die natürlichen Schwefeleisen, der Schwefelkies, Wasserkies und Magnetkies, die in Schweden ungeheure Berge bilden, haben uns ihre Wichtigkeit bereits bei der Schwefel- und Eisenvitriolgewinnung dargethan. Das Schwefelkupfer, das in der Natur als Kupferkies und Kupferglanz auftritt, dient einerseits zur Kupfergewinnung, andrerseits durch seine Verwitterung zur Bereitung des Kupfervitriols. Ein anderes schwefelreicheres Schwefelkupfer, das künstlich durch Fällung eines Kupfersalzes mit Schwefelwasserstoff bereitet wird und natürlich als Kupferindig vorkommt, findet wegen seiner schönen blauen und stahl-

Digitized by Google

grauen Farbe eine bedeutende Anwendung in der Papierfärberei. Das Schwefelqueckſilber aber in ſeinem kryſtalliniſchen Zuſtande, wie es natürlich in den Gruben von Idria und Almaden vorkommt, und künſtlich theils durch Erwärmung des mit Schwefel gemiſchten Queckſilbers, theils noch vorzüglicher durch Einwirkung einer wäſſrigen Schwefelkaliumauflöſung auf Queckſilber bereitet wird, iſt dem Leſer jedenfalls bekannt. Es iſt der durch ſeine herrliche rothe Farbe ausgezeichnete Zinnober. Weniger bekannt dürfte dem Leſer, wiewohl er es faſt täglich vor Augen ſieht, das Schwefelzinn ſein. Aus der Verbindung des Schwefels mit dem Zinn wird künſtlich eine ſich in glänzenden, goldgelben, kryſtalliniſchen Blättchen darſtellende Maſſe bereitet, die unter dem Namen des Muſivgoldes zum Bronziren des Holzes gebraucht wird. Auch das Schwefelſilber, das bei der Berührung des Silbers an der Luft mit Schwefelwaſſerſtoff erzeugt wird, hat eine techniſche Verwendung gefunden. Die ſchwarze Farbe, mit der man ſilberne Schmuckſachen zu überziehen pflegt, rührt von ſolchem Schwefelſilber her, und die als Niello bekannten feingravirten Zeichnungen, mit denen man namentlich Tabacksdoſen verziert, ſind mit einem ſchwarzen Email von Schwefelſilber, Schwefelblei und Schwefelkupfer ausgefüllt. Noch wichtigere Anwendungen haben beſonders ihrer ſchönen Farben wegen die Verbindungen des Schwefels mit Antimon und Arſenik gefunden. Ein waſſerhaltiges Schwefelantimon in Verbindung mit

Digitized by Google

Antimonoxyd bildet den in der Medicin wie in der Färberei wohlbekannten Kermes, ein schönes orangerothes Pulver. Ein schwefelreicheres Schwefelantimon ist der nicht minder wichtige Goldschwefel. Auch der Arsenik bildet zwei Schwefelmetalle. Das schwefelärmere Schwefelarsenik, das durch Zusammenschmelzen von Schwefel mit Arsenik oder arseniger Säure gewonnen wird, ist das bekannte rothe Realgar oder der Rubinschwefel, der als rothe Malerfarbe wie in der Kattundruckerei benutzt wird. Das schwefelreichere Schwefelarsenik ist das gelbe Auripigment oder Operment oder Rauschgelb, das sich natürlich in schönen citrongelben, blättrigen Massen als Königsgelb findet und künstlich durch Fällung der arsenigen Säure durch Schwefelwasserstoff dargestellt wird. Es ist nicht allein durch seine Verwendung in der Oelmalerei bekannt, sondern dient auch in der Färberei gleich den Vitriolen zur Reduction, d. h. Entfärbung des Indigo. Eine eigenthümliche Bedeutung aber hat es durch den Gebrauch erhalten, den die Orientalen davon machen. Mit Kalk und etwas Wasser zu einem Teige eingerührt, bildet es das Rusma, das bekannte Enthaarungsmittel der Orientalen, das ihnen das Rasirmesser ersetzt. Wie mit den eigentlichen Metallen, so verbindet sich der Schwefel auch mit den Alkali- und Erdmetallen. Das Schwefelkalium, oder vielmehr die mehrfachen Verbindungen des Kaliums mit verschiedenen Mengen von Schwefel, ist im gewöhnlichen Leben als Schwefelleber bekannt.

Digitized by Google

Das Schwefel-Ammonium ist es, das jenen abscheulichen Geruch veranlaßt, wenn es sich beim Faulen thierischer Stoffe in Kloaken und Abtritten erzeugt. Das Schwefelcalcium endlich hat durch seine ätzende Wirkung, die es auf die Haare ausübt, in der Gerberei eine vortheilhafte Verwendung zum Enthaaren der Felle gefunden. Auch diese Schwefelalkalien werden durch Säuren zersetzt; aber nur ein Theil ihres Schwefels wird durch den aus der gleichzeitigen Wasserzersetzung erzeugten Wasserstoff befriedigt und entweicht als Schwefelwasserstoffgas, während der größere Theil unverbunden zu Boden fällt. Der ausgeschiedene Schwefel findet sich hier in seiner feinsten Zertheilung, in der er nicht einmal seine gelbe Farbe behauptet, sondern die Flüssigkeit milchig weiß färbt. Es ist die sogenannte Schwefelmilch, eine neue Erscheinungsform des bereits in zwei Krystallformen und im formlosen gummi- oder harzähnlichen Zustande kennen gelernten Schwefels.

Noch sei uns ein Blick gestattet auf die Bedeutung des Schwefels in der lebenden Welt. Daß er auch in Pflanzen und Thieren seine Stätte aufgeschlagen hat, beweist uns der Schwefelwasserstoff- und Schwefelammoniumgeruch faulender organischer Stoffe in Kloaken und Düngergruben und bei der Verwesung des eiweißhaltigen Klebers der Stärkefabriken. Ich kann nicht unterlassen, hier darauf aufmerksam zu machen, wie nicht bloß unangenehm, sondern schädlich und gefährlich die Einathmung dieser giftigen Gase für das mensch

Digitized by Google

liche Leben werden kann. Manches Haus ward bereits durch die unvorsichtige Nähe solcher Peststätten in ein Siechenhaus verwandelt. Manches Leben ward durch leichtsinnige Verachtung wohlgemeinter Warnungen eingebüßt. Wenn polizeiliche Verordnungen die Räumung von Düngergruben am Tage verbieten, so sieht man darin meist nur auf die Nasen, aber nimmermehr auf eine nothwendige und vernünftige Gesundheitsmaßregel. Freilich sollte die Polizei es auch nicht verschmähen, ihre Verordnungen anders als in dictatorischen Willensäußerungen auszusprechen, sollte sich auch einmal herablassen, die wohlgemeinten Gründe eines Verbots zu veröffentlichen. Kurz, das ganze Polizeiverbot wird umgangen, am heißen Mittage wird die Grube geräumt; die giftigen Gase haben sich in der Hitze in gewaltigen Mengen in dem verschlossenen Raume gesammelt, und der nichts ahnende Arbeiter, der in sie hinabsteigt, ist ein augenblickliches Opfer des Todes. In Halle selbst ereignete sich vor einigen Jahren ein solcher Vorfall. Ein geringer Gehalt der Luft an Schwefelwasserstoffgas mag allerdings der Gesundheit wenig nachtheilig sein; wenigstens gibt es Städte, in denen die Atmosphäre nicht ganz frei davon ist, in denen keine Silber- und Messingwaaren sich blank erhalten, keine Bleiweiß- oder Mennigfarben dauern. Gegen eine solche allgemeine Verunreinigung gibt es freilich keinen Schutz, wohl aber gegen die Gasentwicklung der Abtritte in den Häusern. Hier ist der Eisenvitriol ein vortreffliches Schutzmittel. Einige

Digitized by Google

20 — 30 Pfund im Waſſer gelöſt, würden auf lange Zeit dieſe Quelle der Krankheiten für Kranken- und Waiſenhäuſer, Arbeits- und Strafanſtalten unſchädlich machen.

In den Pflanzen ſind es beſonders die eiweißreichen Theile, alſo die Samen, die den Schwefel in ſich bergen. Das Senföl, das aus dem Samen des Schwefels bereitet wird, enthält über 20 ½ Proc. Schwefel. In den Thierkörpern ſind ebenfalls das Eiweiß und ihm verwandte Theile am reichſten an Schwefel. Das Eiweiß des Blutes enthält 6 ⅓, das des Hühnereies 1 ⅔ Procent. Die Aſche der Milch enthält 1, die des Blutes und Harns über 4 Proc. ſchwefelſaure Alkalien. Nägel und Haare enthalten 4 — 5 Proc. Schwefel. Die Rindsgalle enthält 6 ½ Proc. Schwefelſäure, und ein Beſtandtheil der Galle, das Taurin, ſogar 25 Procent Schwefel.

Aus den ſchwefelſauren Salzen und Schwefelmetallen der Ackererde nehmen die Pflanzen den Schwefel auf, der wie es ſcheint, zur Bildung ihres Eiweißes unerläßlich iſt. Aus der Pflanzennahrung geht der Schwefel in die Thierkörper über, um in deren Verweſung den Kreislauf zu vollenden, als Gas in die Luft zu entweichen und aus der Luft durch die Alkalien wieder zur Erde zurückgeführt zu werden. Auf ſolchen Kreisläufen beruht der großartige und unerſchöpfliche Haushalt der Natur. Die Induſtrie hat im Kleinen ſolchen Kreislauf nachzuahmen verſucht, wenn ſie aus dem Schwefelcalcium der Sodarück-

Digitized by Google

stände den Schwefel gewann und zur Darstellung der Schwefelsäure benutzte, wenn sie durch diese Schwefelsäure wieder das Kochsalz zersetzte und ihren Schwefel durch das Schwefelnatrium in das Schwefelcalcium der Sodarückstände zurückführte, um ihn hier von Neuem denselben Lauf beginnen zu lassen. Auch das Gedeihen der Industrie beruht auf solchem Kreislauf.

Hatten wir ein Recht, den Schwefel als den Höhenmesser der Industrie zu bezeichnen, so muß es im Interesse der Staaten liegen, seine Produktion oder seine Einführung in möglichster Weise zu fördern. Welche Wirkungen solche Förderung habe, das hat Oesterreich bewiesen. Während früher der jährliche Betrag der in der gesammten österreichischen Monarchie erzeugten Schwefelsäure ungefähr 100000 Ctr. betrug, wurde 3 Jahre nach Erniedrigung der Schwefelzölle von den Wiener Fabriken allein dasselbe Quantum erzeugt.

Vielleicht waren es zumeist nur bekannte oder doch nicht neue Dinge, die hier dem Leser vorgeführt wurden. Wem es aber durch die mangelhafte Einrichtung unsrer Schulen in der Jugend nicht vergönnt war, die Chemie als einen Schatz in sein Leben aufzunehmen, der sich in seiner Verwendung bereits so werthvoll gezeigt hat, dem dürften hoffentlich doch auch diese Mittheilungen willkommen gewesen sein.

Digitized by Google

Viertes Kapitel.

Borax und Borsäure.

Eines der undankbarsten Geschäfte ist das des Vermittelns, sei es von Personen oder Sachen, von Geistern oder Stoffen, sei es ein Friedenstiften oder Verkuppeln, ein Leimen oder Löthen. Der Vermittler wird nur zu bald vergessen und um so leichter, je edler und werthvoller das Vermittelte, je fester die bewirkte Verbindung ist, während beim Auseinandergehen des Verhältnisses alle Schuld auf den Vermittler gehäuft wird. Wer denkt bei den Steinen seines Hauses an den Kalk, der sie kittet; wer hat bei Möbeln einen Gedanken an den Leim, bei Schmucksachen, Metallgeräthen einen Sinn für das Loth, das die edleren Metalle an einander fesselt, oder gar für den Borax, der das Loth in den Stand setzte, in inniger Berührung die Metalle zu vereinen!

Ein nicht minder undankbares Geschäft ist es, Andern Glanz zu verleihen. Namenlose Vergessenheit ist das Loos des Künstlers oder Dichters, der sich dazu hergibt, den Hof eines Fürsten oder die Salons der Großen mit dem Glanze seines Talents zu schmücken. In der Natur und unter den Stoffen aber ist es nicht anders. Wenn man in Ballsälen oder Theatern den strahlenden Glanz der Edelsteine, wahrer, natürlicher Diamanten, Rubine, Smaragden oder fal-

Digitized by Google

ſcher, künſtlicher böhmiſcher Steine bewundert, wer denkt da noch des nicht minder edlen Pulvers, mit welchem dieſe Diamanten geſchliffen wurden, oder des Borax, der jenen Glasflüſſen erſt die Dichtigkeit und lichtbrechende Kraft verlieh, durch welche ſie befähigt wurden, neben dem Geburtsadel ſich ſehen zu laſſen!

Wenn es aber zu den angenehmſten und ernſteſten Pflichten des Schriftſtellers gehört, das Vergeſſene und Ueberſehene an das Licht zu ziehen, ſo wird der Naturforſcher, dem das Reich der Stoffe zugewieſen iſt, auch dieſe Pflicht der Ehrenrettung den Stoffen gegenüber gern erfüllen. Ein ſolcher Stoff aber, der, obgleich außer dem Techniker kaum recht bekannt, doch eine weitverbreitete und wichtige Rolle in unſerm Leben ſpielt, der die feſteſten Verbindungen vermittelt, Metalle mit Metallen verknüpft, und ebenſo den alltäglichſten Geräthen, unſern Topfgeſchirren, wie den falſchen Steinen im Schmuck vornehmer Damen Glanz verleiht, ein ſolcher Stoff iſt das Bor oder Boron und beſonders die Verbindung deſſelben mit Sauerſtoff, die Borſäure, und die Verbindung der letzteren mit dem Natron, der Borax.

Die Alten hatten wohl kaum eine Kenntniß von dieſem Stoffe, der zwar zu den weitverbreitetſten der Natur gehört, im Meerwaſſer und faſt in allen Quellen vorkommt, aber doch immer nur in kaum entdeckbaren Spuren und nur äußerſt vereinzelt in Mengen, die ſeine Gewinnung möglich machen. Alte Schriftſteller

Digitized by Google

erwähnen zwar eines Stoffes, der zu ihrer Zeit zum Löthen der Metalle diente, und den sie Chrysocolla (Goldverbinder) nennen; aber offenbar war dieser Stoff nichts als ein aus faulendem Urin gewonnenes Phosphorsalz. Geber, der arabische Chemiker, ist der erste, der den Namen Borax oder Baurach, wie man ihn später schrieb, erwähnt; aber ob er darunter wirklich unsern heutigen Borax verstand, ist noch sehr zu bezweifeln. Erst die Alchemisten des 15. Jahrh. scheinen eine wirkliche Kenntniß von unserm Borax gehabt zu haben, da die Bezeichnung „venedischer Borax" auf den Weg deutet, auf dem er damals einzig bezogen werden konnte und noch lange bezogen ward. In einigen See'n Tübets findet sich nämlich am Grunde und an den Ufern in krystallinischen, zusammengesinterten Massen ein Mineral, das von den Bewohnern dieses Landes noch heute als Ersatzmittel für das Kochsalz in der Seifensiederei und Glasbereitung gebraucht wird, und das in der That ein roher Borax, d. h. ein borsaures Natronsalz ist. Unter dem Namen Tinkal kam dieses Salz im Mittelalter nach Venedig, wo man es verstand, es von der seifenartigen Rinde, die es bedeckte, zu befreien, und von wo es nun als venetianischer Borax in den europäischen Handel überging.

War aber den Alchemisten auch der Borax nicht mehr unbekannt, so hegten sie doch über seine Natur und seinen Ursprung die abenteuerlichsten Vorstellungen. Noch im 18. Jahrhundert wurde er von den meisten

Digitized by Google

Chemikern für ein künſtliches Produkt angeſehen, das bald aus Salmiak und Alaun, bald aus Alaun, dem Milchſaft von Euphorbium und Seſamöl, bald aus Thon, Fett, Waſſer und Pferdemiſt bereitet werden ſollte.

Bei aller dieſer Unklarheit hatte doch ſchon Homberg im Jahre 1702 die eigenthümliche Säure dieſes Salzes entdeckt, die von der beruhigenden arzeneilichen Wirkung, die man an ihr wahrnehmen wollte, als Sedativſalz bezeichnet wurde. Denn ein Salz mußte nach damaligen Begriffen dieſer Körper natürlich ſein, da er ja durch Behandlung des Borax mit Säuren entſtanden war. Selbſt als Baron, der Vorgänger Lavoiſier's in der pariſer Academie, die Zuſammenſetzung des Borax aus Natron und dieſem ſogenannten Sedativſalze nachgewieſen hatte, glaubte man doch die Säurenatur deſſelben nur auf einen Gehalt von Schwefelſäure deuten zu müſſen. Lavoiſier's Reform der Chemie brachte auch für dieſen Stoff Klarheit. Man erkannte das Sedativſalz als die Säure eines unbekannten Grundſtoffes, und auch dieſer, das Bor oder Boron, wurde endlich im Jahre 1808 faſt gleichzeitig von Gay Luſſac und Thenard in Frankreich und von Davy in England entdeckt.

Mit dem Ende des vorigen Jahrhunderts beginnt auch für die techniſche Bedeutung des Borax eine neue Epoche. Bis dahin war das innere Hochaſien ſeine einzige Bezugsquelle geweſen. Jetzt lehrte ihn die Wiſſen-

Digitized by Google

schaft auch aus europäischem Boden gewinnen. Da, wo einst die Feuer des Hephästus brannten, und noch jetzt aus Spalten und Rissen in heißen Quellen und Dämpfen sein Odem strömt, namentlich in den heißen Lagunen Toskana's, zeigte sich eine reiche Fundgrube dieses wichtigen Stoffes. Ein Deutscher war es, der Direktor der Hofapotheke in Florenz, Namens Höfer, welcher im Jahre 1777 die Borsäure in dem Wasser der Lagone di Monte rotondo nachwies.

Versetzen wir uns für einen Augenblick in die wunderbare Gegend Toskana's. Auf einer Fläche von etwa 12 Stunden im Umkreise liegen hier zahlreiche kleine Sümpfe oder Schlammsee'n zerstreut, deren Wasser aus den verdichteten Dämpfen gebildet wird, die den vulkanischen Tiefen entquellen. Die hochemporschießenden Dampfsäulen, das geheimnißvolle Brausen unter den Füßen, die von Schwefeldämpfen erfüllte Atmosphäre, das brennendheiße, von jeder Vegetation, jedem Leben geflohene Erdreich, die Sprudel siedenden Wassers, das Zittern des Bodens, alle diese geräuschvollen Zeichen unterirdischer Naturkraft sind wohl geeignet, den Besucher mit unheimlichem Staunen zu erfüllen. Hierher versetzte die Phantasie der Vorzeit die schreckliche Höllenpforte; hier ging der Mönch des Mittelalters nur betend vorüber; hier verbreiteten düstere Sagen die Schrecken der tückischen Geister, die den Wanderer in heiße Quellen verlockten und seine Füße verbrannten. Jetzt hat die Industrie hier ihre Stätte

aufgeschlagen und das Grauen in Segen verwandelt. In gemauerten Kesseln werden die aus den Erdspalten strömenden borsäurereichen Dämpfe durch hinzu geleitetes kaltes Wasser verdichtet. Das mit Dämpfen hinreichend gesättigte Wasser wird dann nach einander in mehrere Bassins geleitet, um durch die natürliche Hitze des Bodens weiter abgedampft, geklärt und endlich durch Dampfstrahlen bis zur Krystallisation verdichtet zu werden. Beim Abkühlen scheiden sich dann die farblosen Schuppenkrystalle der Borsäure ab, die durch wiederholtes Krystallisiren von andern verunreinigenden Salzen getrennt werden. Die Lagunen Toskana's erzeugen gegenwärtig jährlich mehr als 700,000 Pfund Borsäure.

Aber nicht die Dämpfe dieser Gegend allein sind es, aus denen man die Borsäure gewinnt; auch das Wasser der kleinen See'n enthält sie in geringen Mengen, etwa zu $^1/_{20}$ Proc., und diesen so geringen Gehalt, den die Chemie der Vorzeit kaum nachzuweisen im Stande war, hat der Scharfsinn der heutigen zu einer reichen Ausbeute zu machen gewußt. Ich erwähnte schon, daß in dem Wasser des Monte-rotondo-See's in der Gemeinde Massa-Maritima die Borsäure zuerst entdeckt wurde. Das Wasser dieses etwa 30 Morgen bedeckenden See's ist warm, schwefelig und enthält außer Borsäure Schwefelsäure, die schwefelsauren Salze von Kalk, Eisen, Thonerde, Talkerde und Ammoniak, eine gefärbte organische Substanz und

Spuren von Chlor. Der geringe Gehalt an Borsäure hätte ihre unmittelbare Gewinnung zu kostspielig gemacht. Man umgab daher den See mit Gräben, welche das Quell- und Regenwasser, das sonst in den See floß, auffangen, und in Folge dessen wurde der Borsäuregehalt des See's auf das Vierfache erhöht. Man hat nun Bohrlöcher von durchschnittlich 135 Fuß Tiefe angelegt, aus denen heiße Dämpfe in Menge strömen, die man zum Abdampfen des Wassers benutzt. Durch Kessel mit Scheidewänden, auf denen das Wasser sich beständig bewegt, und unter denen der Dampf ohne Hinderniß cirkulirt, bewirkt man eine Verdampfung von 14 Quart auf den Quadratfuß in 24 Stunden. Die aus den Bohrlöchern strömenden heißen Dämpfe enthalten aber gleichfalls noch ziemlich beträchtliche Mengen von Borsäure, die man auch nicht unbenutzt lassen kann und daher zuvor durch theilweise Verdichtung der Dämpfe gewinnt. Gegenwärtig producirt dieses Etablissement am Monte-rotondo-See jährlich über 320,000 Pfund Borsäure.

Außer den Lagunen Toskana's sind in der neueren Zeit auch noch in andern vulkanischen Gegenden ergiebige Fundgruben für Borsäure aufgedeckt worden. Namentlich wurde eine solche vor 40 Jahren in einer Felsenhöhle der Insel Vulcano in der Nähe heißer Quellen aufgefunden. Hier erscheint die Borsäure als ein mehrere Zoll starker, weicher, sanft und fett anzufühlender Ueberzug an Decken und Wänden, aus

Digitized by Google

lose an einander hängenden kleinen krystallinischen Blättchen oder Schuppen bestehend, von äußerster Zartheit, weiß wie frisch gefallener Schnee und perlmutterglänzend. Auch unter den Auswürflingen der meisten Vulkane, namentlich des Vesuv, findet sie sich häufig mit Schwefel und Trümmern zersetzter Lava gemischt.

Von welcher Wichtigkeit die Borsäure und ihr Natronsalz für die Technik sein müssen, geht schon aus den angeführten Zahlen ihrer Production hervor. Ihre volle Bedeutung wird uns aber erst aus ihren chemischen Eigenschaften klar werden.

Die Borsäure gehört scheinbar zu den schwächsten unter allen Säuren. Ihr Geschmack ist nur schwach säuerlich und geht in den bitter-kühlenden des Bittersalzes über. Das gewöhnliche Kennzeichen der Säuren paßt für diese kaum; sie färbt zwar das blaue Lackmuspapier kirschroth, aber sie bräunt auch gleich den Alkalien das gelbe Curcumapapier. Sie vertreibt aus den Salzen keine Säure als die Kohlensäure. In dieser Beziehung hat sie einige Aehnlichkeit mit der Kieselsäure, die — man nehme nur einen Kieselstein zur Hand — nicht den mindesten Geschmack, nicht die geringste Einwirkung auf Salze verräth. Aber diese Aehnlichkeit wird dem Chemiker zur überraschenden, wenn er das Verhalten beider Säuren in der Hitze prüft. Jetzt geberden sie sich als die kräftigsten aller Säuren, verdrängen jede andere und lösen jedes Oxyd zu einem glasartigen Salze auf.

Digitized by Google

Die Eigenschaft der Borsäure, glasähnliche Verbindungen zu bilden, ist es, welche hauptsächlich ihre technische Verwerthung begründet. Schon der Borax an sich schmilzt in der Hitze unter Aufblähen zu einer dicken Flüssigkeit, die beim Erkalten ein glasiges Ansehen behält. Das ist es, was uns seine Anwendung zum Löthen, seine Vermittlerrolle in der Vereinigung von Metallen erklärt. Das Löthen besteht bekanntlich darin, daß man zwischen zwei zu vereinigende Metallstücke ein leichter schmelzbares Metall legt, so daß beim Erhitzen der Löthstelle nur dieses, das sogenannte Loth, nicht aber das zu löthende Metall zum Schmelzen kommt. Diese Löthung kann aber nur dann geschehen, wenn die beiden zu vereinigenden Metallstücke an ihren Endflächen völlig rein sind, so daß das schmelzende Loth in unmittelbare Berührung mit jedem derselben kommt. Beim Erhitzen oxydirt sich nun jedes Metall sehr leicht, und dies Oxyd würde also die Löthung verhindern. Der Borax aber, der beim Erhitzen schmilzt, überzieht wie ein Firniß das Metall und schützt es vor der Berührung mit der Luft, also vor der Oxydation, löst zugleich das vorhandene Oxyd auf und stellt so die reine metallische Oberfläche wieder her. Preßt man die zu löthenden Theile auf einander, so drückt man den Borax und das überschüssige Loth wieder heraus.

Auf diese Neigung der Borsäure zu Glasflüssen gründen sich aber auch die meisten übrigen technischen

Digitized by Google

Verwendungen deſſelben. Da ſie leichter als die Kieſelſäure die meiſten ſchwerſchmelzbaren Stoffe in Fluß bringt, ſo muß ſie oft dieſe vertreten, wo es gilt, leicht ſchmelzende Glasarten zu erzeugen, wie bei der Emaillirung und Glaſirung von Töpferwaaren, Frittenporcellan und Fayence, bei der Glasvergoldung oder beim Auftragen von Schmelzfarben. Aber auch da, wo es darauf ankommt, ſehr harte, dichte und ſchwere Glasflüſſe zu erzeugen, wie bei der Darſtellung des Flintglaſes und der künſtlichen Edelſteine, leiſtet die Borſäure ihre wichtigen Dienſte.

Zu dieſen edleren Glasflüſſen verwendet man außer den gewöhnlichen Beſtandtheilen des Glaſes, Kieſelſäure und Natron oder Kali, noch Bleioxyd oder Mennige. Dadurch wird das Glas dichter und erhält mehr Glanz und Schwere, wie es einem Körper, der Edelſteine vertreten ſoll, zukommt. Ueberdies muß eine größere Menge von Kieſelſäure ſeine Härte erhöhen. Dadurch aber wird wieder der Fluß ſchwerer ſchmelzbar, und ſo bedarf es eines Zuſatzes von Borax oder Borſäure, um dieſe Schmelzbarkeit wieder herzuſtellen. Da aber die Borſäure nicht allein Alkalien, ſondern auch die meiſten Metalloxyde und zwar jedes in einer eigenthümlichen Färbung in ihrem Fluſſe auflöſt, ſo iſt es leicht, den künſtlichen Edelſteinen auch jede beliebige Farbe zu ertheilen und Rubine, Smaragde und Saphire der Natur nachzubilden. Zugleich erhält der Chemiker darin ein Mittel, die Na-

Digitized by Google

tur eines Metalles aus einem Stäubchen deſſelben zu erkennen, das er mit einigen Körnchen Borax vor ſeinem Löthrohr zu einer farbigen Perle ſchmilzt.

Auch das Bor ſelbſt, der vor einem halben Jahrhundert entdeckte Grundſtoff dieſer Säure, ſcheint in neuerer Zeit eine techniſche Bedeutung erlangen zu ſollen. Lange kannte es der Chemiker nur als ein dunkelgrünlich-braunes, undurchſichtiges Pulver, das weder geſchmolzen noch verflüchtigt werden konnte. Jetzt vermag man es im Feuer des elektriſchen Stromes nicht allein zu ſchmelzen und zu verflüchtigen, ſondern auch unter Zutritt von Luft mit glänzender Flamme zu verbrennen. Ein franzöſiſcher Chemiker behauptete ſogar neuerdings, es ſei ihm gelungen, das Bor durch Kryſtalliſation in Edelſteine zu verwandeln, die an Härte und Feuer ſelbſt mit dem Diamante zu wetteifern vermöchten. Eine gewiſſe Uebereinſtimmung des Bor in ſeinen chemiſchen Beziehungen mit dem Kohlenſtoff, bekanntlich dem Grundſtoff des Diamants, gibt dieſer Behauptung einigen Halt.

Die ganze techniſche Bedeutung dieſes Stoffes zu erkennen, müſſen wir uns in Färberei und Feuerwerkerei, bei Bronceuren und Gypsformern umſehen. Wir begnügen uns jedoch damit, die Ehre eines ſo vielfach verachteten und doch ſo reichlich zum Schmuck des Lebens beitragenden Stoffes gerettet zu haben.

Digitized by Google

Fünftes Kapitel.

Die Erkennungsmittel der Chemie.

Wenn der Botaniker ein Gras, ein Moos, eine Alge, wenn der Zoologe einen Käfer, eine Schnecke, ein Infusionsthierchen unter Hunderten und Tausenden von Formen, die dem ungeübten Auge völlig gleich erscheinen, mit der größten Bestimmtheit unterscheidet; dann wundert man sich wohl über den scharfen Blick, über die außerordentliche Kenntniß von Formen, über die Einsicht in das Wesen des Thieres und der Pflanze, die unter so vielem Veränderlichen und Zufälligen das Wesentliche und Bleibende herauszufinden weiß. Aber wenn der Chemiker mit der größten Bestimmtheit erklärt: in diesem Mineral ist Silber, in diesem Wasser ist Eisen enthalten, dieser Wein ist mit Blei verfälscht, diese Speise mit Arsenik vergiftet; da pflegt die Verwunderung doch noch größer zu sein, und das mit vollem Recht. Der Pflanzen- und Thierforscher hat es mit unveränderlichen, sichtbaren, wenn auch nur durch das Mikroskop sichtbaren Eigenschaften zu thun; er hatte nur den Begriff des Grases, des Mooses, der Flechte ein für alle Mal festzustellen, dann zu schauen und sorgfältig zu vergleichen, und das Räthsel der unbekannten Pflanze mußte sich ihm von selbst lösen. Freilich ist das Gewirr der Formen kaum irgend wo größer als auf dem organischen Gebiete. Aber

Digitized by Google

der langgeübte Blick des Forschers ist allmälig damit vertraut geworden, er findet unter diesen Formen alte traute Bekannte. Tritt ihm eine fremde, unbekannte Form entgegen, so vergleicht er sie mit seinen Bekannten. Eine solche Unbekannte z. B. ist jedenfalls ein Gras, das sagen ihm Blüthe, Frucht und Halm; sie gleicht auch unverkennbar unsern Getreidegräsern, dafür bürgt die einzelnstehende Hauptähre; sie muß ihre nächsten Verwandten sogar in Gerste und Weizen haben, dafür sprechen die dichtgedrängt um die Hauptspindel sitzenden Aehrchen. Aber sie ist weder Gerste noch Weizen; von der einen unterscheiden sie die mehrblütigen Aehrchen, von dem andern die bauchigen, gezähnten Bracteen; sie steht zwischen beiden, und der Pflanzenforscher gibt ihr den neuen Namen: Aegilops.

Könnte der Chemiker nun nicht ähnlich verfahren in der Unterscheidung seiner Stoffe? Freilich, das Gras bleibt Gras, ob es nun auf unsern Wiesen oder als Zuckerrohr und Bambus auftritt, und wenn der Laie in dem 40füßigen Bambus seine Seggen und Trespen und Schwingel, in der stolzen Agave seine Schneeglöckchen und Tulpen nicht wieder erkennt, so liegt es eben theils an der Ungeübtheit des Blickes, theils an der Falschheit seiner Begriffe von Gras- und Lilienform, da er Kleinheit und Zartheit damit zu verbinden pflegt. Aber die Stoffe, mit denen es der Chemiker zu thun hat, bleiben nicht dieselben. Das Eisen unsrer Messer und Aexte ist nicht mehr

Digitized by Google

daſſelbe Eiſen, wenn es aufgelöſt im Brunnenwaſſer oder gebunden an andre Stoffe im Berliner Blau, in der Dinte, im Röthel auftritt; oder wenn es daſſelbe iſt, ſo hat es doch ſeine Erkennungszeichen ſo verſteckt, daß kein Mikroſkop ſie auffindet, daß es einer beſonderen Kunſt bedarf, ſie zu entdecken.

Im Mittelalter glaubte man in der That gar nicht, daß es möglich ſei, die Stoffe in ihren Auflöſungen wiederzufinden, weil man meinte, daß ſie darin vernichtet würden. Einen Stoff aus einer Flüſſigkeit abſcheiden, hieß gradezu ihn erzeugen, ihn ſchaffen. Darum konnte man auf den wunderbaren Einfall kommen, Gold machen zu wollen; denn ſo gut man Eiſen aus waſſerheller Flüſſigkeit niederfallen ſah, konnte auch Gold in einer andern ſich verbergen, und ſo gut das Gold vor den Augen in der Säure verſchwand, mußte es ſich auch herbeizaubern laſſen. Grade ſo würde auch der Botaniker darauf verzichten müſſen, ſeine Pflanzen zu unterſcheiden, ſobald er an eine Verwandlung der Pflanzen an einander glaubt. Wenn er aber, wie vor einer Reihe von Jahren ein närriſcher franzöſiſcher Gärtner, meinte den Aegylops in Weizen umgeſtalten zu können, ſo wird er ebenſo gut, gleich den Goldmachern des Mittelalters, darauf fallen können, aus der märkiſchen Kiefer die Ceder des Libanon oder aus der Wolfsmilch am Wege den Gummibaum zu ziehen.

Erſt ſeit man weiß, daß das Metall nicht in

Digitized by Google

der Auflösung vernichtet, und daß die Kieselerde sich nicht in Alaunerde verwandeln läßt, daß die Laugensalze nicht durch die Wirkung des Feuers in Holz, Weinstein u. s. w. erst geschaffen werden, daß auch der geschickteste Chemiker nicht im Stande ist, ein Alkali in eine Säure zu verwandeln, seit man weiß, daß alle die Tausende von Stoffen um uns nur hervorgingen aus den Verbindungen einiger weniger Elemente, daß das scheinbare Verschwinden des Metalls in der auflösenden Säure nur ein Verbinden mit dieser, das scheinbare Geschaffenwerden des Laugensalzes aus dem Weinstein nur ein Trennen vorher verbundener Stoffe ist; seit man nach den ewigen Elementen forscht, welche die Welt bauten im Größten und Kleinsten; seitdem erst — und das sind kaum 200 Jahre — konnte man daran denken, die Stoffe aus ihren Auflösungen und Verbindungen trotz aller scheinbaren Veränderungen wiederzufinden.

Alle Dinge um uns sind ihrer stofflichen Natur nach Verbindungen einfacher Elemente. Damit scheint dem Chemiker ein ähnlicher Gesichtspunkt für seine Untersuchungen angewiesen zu sein wie dem Botaniker, der es auch nur mit den Verbindungen gewisser Elemente, gewisser Grundtypen der Pflanzenform zu thun hat. Aber freilich treten diesem die Urgedanken der Pflanzen äußerlich entgegen, während sie dem Chemiker sich in das Innere der Stoffe zurückziehen. Nicht Form, noch Farbe, das innere Leben entscheidet

Digitized by Google

in dem bunten Gewirr des Stofflichen. Gönnen wir dieſem Leben einige Blicke!

Der Kunſt des Chemikers iſt es gelungen, aus der ganzen ſtofflichen Welt um uns einige 60 Stoffe, welche ſeinen eindringlichſten Fragen nach weiteren unbekannten Gefährten, die ſie in ſich bergen möchten, ein hartnäckiges Schweigen entgegen ſetzten, als einfache, unzerlegbare Elemente auszuſcheiden. Wenige von dieſen aber treten uns in ihrer reinen Urnatur entgegen; der Drang inneren Lebens läßt ſie vielmehr ihre Iſolirtheit als unnatürlichen Zuſtand empfinden, den ſie oft ſchon im Augenblicke ihrer Geburt verlaſſen, um in der Vereinigung mit gleichgeſtimmten Stoffen die Ergänzung ihres Weſens und damit ein feſteres, ſelbſtändigeres Daſein zu gewinnen. Der Waſſerſtoff und Kohlenſtoff, die durch die Wärme erſt aus dem Fette frei werden, ſie ſtürzen augenblicklich dem Sauerſtoff in die Arme und feiern in der Flamme mit ihm die Vermählung. Wenn die Metalle auch kräftiger den fremden Lockungen widerſtehen, ihr Roſten zeigt, daß auch ihnen dieſer Drang nicht fremd iſt. Neue Stoffe ſind nun aus den Verbindungen der Elemente hervorgegangen, aber neue Gegenſätze, neues Leben regt ſich auch in ihnen. Zwei große Gruppen bilden ſich, bereit, das begonnene Werk der Elemente fortzuführen. Auf beiden Seiten ſind es vorzüglich Verbindungen mit dem mächtigſten Lebenselemente, dem Sauerſtoff, in denen ſich dieſer neue Trieb nach gegen-

Digitized by Google

ſeitiger Ergänzung regt, hier die Metalloxyde, die Alkalien, die Erden, — Baſen nennt ſie der Chemiker — dort die Säuren des Stickſtoffs, des Kohlenſtoffs, des Schwefels, des Chlors ꝛc. Baſen und Säuren ſind die neuen Gegenſätze, aus denen die Fülle des ſtofflichen Lebens hervorgeht. Ihre Produkte ſind die Salze. Das Kali, das der Chemiker mühſam dargeſtellt hat, es raubt ſchon aus der Luft die Kohlenſäure, um ſich zum Salze, zum Laugenſalze, zur Pottaſche zu bilden. Das Kupfer, das ich in Schwefelſäure werfe, es oxydirt, d. h. es verbindet ſich mit Sauerſtoff, es zerſetzt ſogar das Waſſer, um' dieſem den Sauerſtoff für ſeine Oxydation zu entziehen, und das alles nur, um ſich mit der Schwefelſäure zu vereinigen, um ein Salz zu bilden.

Das Reſultat dieſer ruheloſen Prozeſſe zwiſchen Säuren und Baſen, zwiſchen den Metallen ſelbſt und manchen Elementen, wie Chlor, Jod, Schwefel, endlich zwiſchen den Metallen untereinander, iſt die Materie, wie ſie uns umgibt, in den Geſteinen und Erzen der Berge, in der Ackererde, in den Quellen und Strömen und Meeren, in den Flüſſigkeiten und Salzen, den Harzen und Farbeſtoffen der Thier- und Pflanzenzellen, in unſern Speiſen und Getränken und den Organen unſres eignen Körpers. Die Kunſt des Chemikers vermag zahlloſe dieſer Stoffe nachzubilden. Aber wenn er nun mit ſeinen künſtlichen Präparaten, dieſen zierlichen, glänzenden Kryſtallen, den bunten

Digitized by Google

Pulvern und Flüſſigkeiten, zum Mineralogen tritt und dieſem ſagt: hier haſt du die Urbilder, nach denen die Natur ſchuf, es ſind dieſelben Stoffe, die du in deinen Schränken und Kaſten bewahrſt; bringe ſie nur herbei und vergleiche ſie mit dieſen, willſt du ihre wahre Natur kennen lernen! — da zeigt der Mineralog kopfſchüttelnd ſeine derben Stücke gemeiner Steine in ſchlichte, graue, braune und ſchwarze Farben gekleidet, ohne Form, ohne Glanz, und verlegen ſieht ſich der Chemiker nach einem Zeichen um, das ihn noch an die glänzende Herkunft dieſer dunkeln Naturweſen erinnert.

Mit ſeinen Idealen richtet alſo der Chemiker in der Wirklichkeit nichts aus, denn die Natur ſchafft nicht Ideale. So wird auch in der Menſchenwelt nicht richtig urtheilen lernen, wer an Idealen die wirklichen Charactere meſſen will. Der Ehrgeiz, der Neid, die Habſucht, ſie finden ſich nirgends iſolirt in einem Menſchen verkörpert; tauſend andre gute und ſchlimme Eigenſchaften miſchen ſich mit ihnen und verdecken ſie. Wer Menſchen erkennen will, der muß ſie in ihrem Leben, in ihrem Wirken und gegenſeitigen Verkehr beobachten. So vermag auch der Chemiker die Stoffe nur aus ihrem Wirken und gegenſeitigen Verkehre zu erforſchen.

Aber gibt es denn noch ein Wirken zwiſchen den Stoffen, die wir um uns ſehen, und die wir doch als Salze oder ſalzähnliche Verbindungen, alſo als fertige

Digitized by Google

und in ſich abgeſchloſſene Körper erkannten? Jener innere Drang, der ihnen die Entſtehung gab, ſchwindet nie aus ihnen. Er regt ſich, ſobald nur die Gelegenheit geboten wird. Die Säure, die ich in eine Salzlöſung tröpfle, vermag in der Baſe ein ſo mächtiges Verlangen nach Vereinigung mit der neuen Säure zu wecken, daß ſie das alte Band zerreißt und den alten Gefährten verläßt. Ein Alkali vermag in der Baſe eines andern Salzes daſſelbe Verlangen, dieſelbe Löſung alter Bande zu bewirken. Die ſtärkere Säure treibt die ſchwächere, die ſtärkere Baſe die ſchwächere aus. Die Schwefelſäure zerſetzt das eſſigſaure Bleioxyd, treibt die Eſſigſäure aus und bildet ſchwefelſaures Bleioxyd. Das Kali zerſetzt das ſchwefelſaure Kupferoxyd, bildet ſchwefelſaures Kali und zwingt das Kupferoxyd ſich auszuſcheiden. Aber dieſelbe Wirkung macht ſich auch noch geltend, wenn Salze mit Salzen zuſammen kommen. Die Salze vertauſchen dann gleichſam ihre Beſtandtheile mit einander, die Baſe des einen tritt zur Säure des andern. Tröpfle ich chromſaures Kali in eine Löſung von eſſigſaurem Bleioxyd, ſo tritt die Chromſäure zum Bleioxyd und die Eſſigſäure zum Kali; es bilden ſich chromſaures Bleioxyd und eſſigſaures Kali. Oft vermag ſelbſt das bloße Metall ſchon die Zerſetzung eines Salzes anzuregen. Ein Stückchen Eiſen, das ich in eine Kupferlöſung tauche, entzieht dem Kupferoxyd gewaltſam ſeinen Sauerſtoff, um ſich der Säure, der es nur als Oxyd

Digitized by Google

zugänglich wird, würdig zu machen, und das metallische Kupfer scheidet sich als zarter rother Ueberzug am Eisen aus.

In diesem Wirken der Stoffe untereinander muß der Chemiker seine Kennzeichen für ihre Beurtheilung suchen. So nur kann er sich die Mühe ersparen, sie in ihre letzten Elemente durch völlige Trennung aller Verbindungen zu zerlegen. Aus einer einzelnen Eigenschaft, einer einzelnen Wirkung muß er mit derselben Sicherheit auf die Anwesenheit des wirkenden Stoffes schließen lernen, als hätte er die Gesammtheit seiner Eigenschaften vor sich; grade wie wir das Salz an den Speisen schmecken und den brennenden Schwefel riechen, ohne ihn zu sehen. Aber freilich muß er auch Kennzeichen haben, die ihn vor jeder Täuschung, vor jeder Verwechselung sichern. Denn nicht jede Wirkung läßt auf ihre Ursache schließen. Gleiche Wirkungen können auch aus den verschiedensten Ursachen hervorgehen. So kann in der Menschenwelt dieselbe Handlung oft aus ganz entgegengesetzten Motiven entspringen. Der Stolz kann als Demuth, die Selbstsucht als Aufopferung, der Geiz als Freigebigkeit auftreten. Aber doch hat jede Leidenschaft, jeder Charakter seine unabänderlichen Merkmale. Ein Blick, eine Bewegung, ein Ton verräth oft schon das Motiv, die innere Natur. Unabänderlicher aber, fester noch hat die Natur ihre Charaktere gezeichnet. Hat man einmal das Verhalten eines Stoffes zu einem

Digitized by Google

andern beobachtet, ſo wird man es ſtets als daſſelbe finden und ſtets auf dieſelbe Natur der wirkenden Stoffe ſchließen können.

So ſelten man aber im Menſchenleben aus einer einzigen Beobachtung das ganze Weſen zu erſchließen vermag, ſo ſelten auch im Reiche der Stoffe. Die blaue Färbung des Niederſchlags, der ſich etwa beim Zuſammengehen zweier Flüſſigkeiten bildet, darf den Chemiker noch nicht zu einem Urtheile über die Natur der wirkenden Stoffe verleiten. Dieſe blaue Färbung kann einmal von blauſaurem Eiſen, ein anderes Mal von Jodſtärke, ein drittes Mal von Kobaltoxyd herrühren. Mit Beſtimmtheit wird der Chemiker nur dann urtheilen können, wenn er weiß, daß er weder Jod, noch Kobalt in einer ſeiner Flüſſigkeiten hatte, daß er vielmehr ein blauſaures Salz anwandte; und auch dann nur wird er zweifellos entſcheiden können, daß die andre unbekannte Flüſſigkeit Eiſen enthalten mußte, wenn er weiß, daß nur in einem Eiſenſalze das blauſaure Salz eine ſolche blaue Verbindung bildet. Darum wird er freilich in gar vielen Fällen auf ein Urtheil verzichten müſſen; denn derſelbe Stoff vermag ja oft ſelbſt mit verſchiedenen andern die gleiche Wirkung hervorzubringen. Der weiße Niederſchlag, den die Schwefelſäure in einer Flüſſigkeit erzeugt, kann ſowohl von Bleioxyd, als von Baryterde oder Strontianerde herrühren.

Die Wirkung der Stoffe auf einander wird alſo

nur dann für den Chemiker ein sicheres Kennzeichen, wenn er einerseits genau den einen Stoff kennt, mit dem er diese Wirkung in dem andern hervorbrachte, und wenn andrerseits diese Wirkung eine solche ist, daß sie nur auf einen einzigen mitwirkenden Stoff schließen läßt. Stoffe aber, welche solche zu untrüglichen Kennzeichen dienende Wirkungen hervorbringen, nennt der Chemiker Reagentien.

Eine lange Erfahrung gehörte dazu, ehe es dem Chemiker gelang, die rechten Kennzeichen für alle die verschiedenen Stoffe zu finden. Auffallende Wirkungen entgingen allerdings schon den Alten nicht. Schon Plinius wußte, daß man den Eisengehalt einer Flüssigkeit durch die schwarze Färbung, welche ihr die Galläpfeltinktur ertheile, erkennen könne. Aber im 17. Jahrhundert erst lernte man Säuren und Basen durch ihre Wirkung auf Pflanzenfarben unterscheiden, und Boyle war der Erste, der die rothe Färbung des Saftes von Lackmus, Veilchen, Kornblumen als Kennzeichen für die Säuren und die Wiederherstellung der blauen Farbe als Kennzeichen für die Basen aufstellte. Jetzt hat der Chemiker selbst für die Anwendung seiner zahlreichen Erkennungsmittel eine Regel und Ordnung erfunden, die ihm gestattet, sich sowohl von der Abwesenheit der einen, wie von der Anwesenheit der andern Stoffe möglichst schnell und sicher zu überzeugen.

Mit welcher Bestimmtheit diese Erkennungsmittel oft die Fragen des Chemikers beantworten, davon kann

Digitized by Google

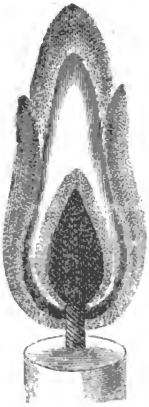
sich der Leser durch eigene Anschauung überzeugen. Für das Eisen ist das beste Erkennungsmittel das sogenannte Blutlaugensalz, eine Verbindung von blausaurem Eisenoxydul mit blausaurem Kali. Der Leser nehme nun einen Papierstreifen, der mit einer Lösung dieses Blutlaugensalzes getränkt ist, und tauche ihn in eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul oder sogenanntem Eisenvitriol. Sofort entsteht jene schöne blaue Färbung, die man als Pariser- oder Berliner-Blau kennt; diese aber rührt her von einer Verbindung von blausaurem Eisenoxydul mit blausaurem Eisenoxyd, welche aus einer gegenseitigen Zersetzung jener beiden Salze hervorgegangen ist. Taucht der Leser denselben mit einer Blutlaugensalzlösung getränkten Papierstreifen in eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd oder sogenanntem Kupfervitriol, so wird sich ihm eine schöne braune Färbung zeigen, die von einer Verbindung von blausaurem Kupferoxyd und blausaurem Eisen herrührt. Wollte er endlich jenen Streifen in eine Lösung von essigsaurem Bleioxyd oder Bleizucker tauchen, so würde er denselben nur eine weiße Färbung annehmen sehen. Für das Blei aber giebt es ein weit bestimmteres Erkennungsmittel in dem chromsauren Kali. Taucht der Leser einen damit getränkten Papierstreifen in eine noch so verdünnte Bleilösung, so zeigt ihm die gelbe Farbe des gebildeten chromsauren Bleioxyds ganz unverkennbar die Anwesenheit des Bleies an. Bei einem Eintauchen desselben Strei-

Digitized by Google

fens in eine Kupfervitriollösung würde er eine schöne Orange-Färbung entstehen sehen. Ein andres sehr kräftiges Erkennungszeichen für das Blei findet sich in dem Jodkalium. Ein mit einer Lösung dieses Salzes getränkter Papierstreifen wird in einer Bleisalzlösung prachtvoll gelbroth gefärbt. Dieses Jodkalium ist zugleich ein vorzügliches Reagens auf Stärkemehl. Befeuchtet man einen mit Jodkalium getränkten Papierstreifen mit einem Tropfen irgend einer Säure, um das Salz zu zersetzen und dadurch das Jod frei zu machen, und taucht man ihn dann in eine verdünnte Lösung von Stärkekleister, so zeigt sich augenblicklich eine schöne tiefblaue Färbung, die von einer Verbindung des Jods mit der Stärke herrührt.

Alle diese schönen Erscheinungen beruhen auf gegenseitigen Zersetzungen der Salze und Stoffe. Nur in ihrem Wirken auf einander also werden die Stoffe erkannt. Diesem Satze verdankt der Chemiker alle seine feinen Erkennungsmittel, die ganze bewundernswerthe Kunst, die Stoffe von einander zu scheiden, die Bestandtheile der Körper in ihren verborgensten Spuren nachzuweisen. Aber nur wenn sie flüssig sind, wirken die Körper. Das ist ein eben so bewährter als alter Erfahrungssatz. Der Chemiker muß seine Stoffe darum auflösen in Wasser, in Säuren, in Weingeist, in Aether und diese flüssigen Auflösungen mit einander in Berührung bringen, um sie wirken zu sehen. Diese Wirkungen bestehen dann in einem

Umtauschen der Elemente, in der Bildung neuer Salze und in der Befreiung früher gebundener Stoffe. Die neuen Salze oder freigewordenen Stoffe geben sich zu erkennen theils durch eine besondere Färbung der Flüssigkeit, theils durch einen unlöslichen, ebenfalls oft auffallend gefärbten Niederschlag, der sich aus der Auflösung abscheidet.



Die Kerzenflamme.

Aber wenn wir nun in die Natur selbst hinausgehen, um die Anwendbarkeit dieser Grundsätze auf die wirklichen Dinge zu prüfen; wenn wir zu den Stollen und Schachten der Berge gehen, wo die Chemie zuerst geboren und gepflegt ward; wenn wir auf die Straßen und Aecker gehen, wo Steine und Erden längst unsre Neugierde nach Erforschung ihres Innern rege machten; da kommt doch so mancher Körper in unsre Hände, den wir vergeblich zu lösen versuchen, der trotz unsrer scharfen Säuren ein harter, verschlossener Stein bleibt. Der Chemiker sagt uns wohl, daß es nur die Kieselsäure sei, welche diese Steine so hartnäckig unsern eindringlichen Fragen verschließe, und er gibt uns in der Flußsäure wohl auch ein Mittel, selbst diesen störrigen Feind zu besiegen. Aber das Mittel ist leider ein seltnes und nicht leicht zu handhabendes. Freilich, der flüssige

Zustand der Stoffe ist nöthig, wenn sie auf einander wirken sollen, die Theile müssen beweglich sein, um einander zu berühren. Aber läßt sich der flüssige Zustand nicht in andrer Weise als durch Auflösung erreichen? Noch nie haben wir Schwefel aufgelöst gesehen, und doch erkannten wir ihn an seiner blauen Flamme und an dem stechenden Geruch seines Dampfes, und an den schönen purpurrothen Flammen des Feuer-

Die Reductionsflamme vor dem Löthrohr.

werkers erriethen wir wohl, daß Strontian in dem brennenden Pulver gemischt sein müsse. Sollte also nicht die Wärme, das Feuer, in gewissen Fällen wenigstens, doch auch die Stelle des Auflösungsmittels vertreten und die Stoffe zu einer Wirksamkeit anregen können, die uns auf ihre innere Natur schließen läßt? In der That, kaum gibt es etwas Mächtigeres in der Welt der Stoffe, als das Feuer. Es bringt sie in

Digitized by Google

Fluß, schmilzt sie oder macht sie flüchtig, dampf- und luftförmig, es zersetzt sie und scheidet Metalle aus; es zwingt sie neue Verbindungen einzugehen, zu oxydiren, zu verbrennen; es zwingt sie mindestens zu glühen und die Flamme zu färben.

Ehe man die wichtigen Aufschließungsmittel der Säuren kannte und zu würdigen wußte, ehe man die flüssigen Reagentien anzuwenden verstand, war es in der That das Feuer, wodurch man vorzugsweise die Stoffe lebendig und wirksam zu machen suchte. Die Küche der Alchemisten, ihr Heerd, ihr Ofen, ihre Tiegel und Retorten, das sind die Wahrzeichen einer Zeit, in welcher das Feuer noch fast die Alleinherrschaft im Reiche der chemischen Wissenschaft behauptete. Daß man aber auch heute noch gar wohl die Bedeutung des Feuers als chemische Kraft zu schätzen weiß, davon zeugen die dampfenden und flammenden Hohöfen und Flammenöfen im Gebirgsthal, das würde uns aber am besten der Mineralog selbst erzählen können. Wenden wir uns an ihn, dessen Aufgabe es ja vorzüglich ist, die innere Natur der mannigfachen Mineralien, welche der Bergmann aus den Tiefen der Erde gräbt, zu enträthseln!

Zwar hat der Mineralog eine Menge von Kennzeichen, durch welche er die vielen Stoffe sofort von einander unterscheidet. Das Aeußere der Mineralien, ihr Glanz und ihre Farbe, ihre Härte und Dichtigkeit, ihre Krystallgestalt und die Struktur ihres Bruches,

Digitized by Google

gewähren ihm beſſere Anhaltepunkte für die Beurtheilung ihres innern Weſens, als dem Phyſiognomiker die Geſichtszüge der Menſchen. Er wird ſofort Kieſelſchiefer und Thonſchiefer, Kalkſtein und Dolomit, Granit und Syenit unterſcheiden und die Verſchiedenheit in den Beſtandtheilen dieſer einander zum Theil ſo ähnlich ſehenden Mineralien angeben, wird die kohlenſaure Magneſia im Dolomit, das Natron im feldſpathähnlichen Albit ohne Zweifel, vielleicht nur aus einer kleinen Abänderung des Kryſtallwinkels, erkennen. Aber ſeine Mittel verlaſſen ihn doch einmal. Wir legen ihm äußerſt kleine Bruchſtücke, erdige Mineralien vor, wir verlangen von ihm, er ſolle bei ſonſt ihm gar wohl bekannten Mineralien entſcheiden, ob ſie nicht eine ganz geringe Menge eines fremden Stoffes in ſich verborgen enthalten, ob ein Stück Bleiglanz nicht vielleicht $^1/_{10}$ Procent Silber oder Gold, ob ein Thon Kleinigkeiten von Eiſen oder Kalk in ſich führe. Hier hilft das Aeußere nicht mehr, hier muß der Mineralog in das Innere der Mineralien dringen. So wird er Chemiker und die Flamme ſein dienſtbares Element.

Aus einem eleganten Beſteck holt der Mineralog jetzt eine kleine Lampe hervor, zündet ſie an, und nach Anwendung einiger kleiner Geräthſchaften beantwortet er uns jede Frage, die wir ihm in Betreff des Minerals vorgelegt hatten, zeigt uns wohl gar das Silberkorn vor, das darin verborgen geweſen war. Den Mittelpunkt unter dieſen kleinen Geräthſchaften

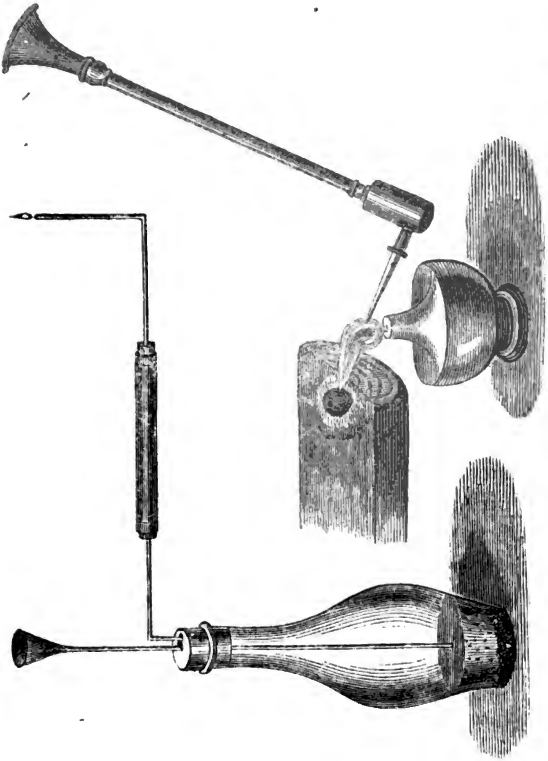
aber nimmt das Löthrohr ein. Betrachten wir es näher! Es ist ein einfaches, mit einem Mundstück versehenes Rohr, an dessen unterem Theile sich seitwärts ein kleines, spitzes Röhrchen befindet, dessen Platinspitze eine Oeffnung etwa von der Stärke einer feinen Nähnadel hat. Der Mineralog setzt das Mundstück an den Mund und bläst durch die feine Spitze die Flamme gegen das zu untersuchende Mineral. Staunend sehen wir, was er durch dieses Blasen in die Flamme für bedeutsame Wirkungen hervorruft.

Daß er durch sein Blasen zunächst die Hitze der Flamme bedeutend zu steigern vermag, das ahnen wir wohl, wenn wir an den Blasebalg des Schmiedes denken, der damit sein Eisen zum Weißglühen bringt. Die Goldarbeiter, Uhrmacher, Klempner ꝛc. bedienten sich ja schon seit Jahrhunderten eines solchen einfachen Rohres zum Schmelzen ihres Lothes, auf das sie die Flammenspitze bliesen, und sie nannten es darum Löthrohr. Auch die Ursache dieser erhöhten Hitze ist uns wohl erklärlich; die verdichtete Luft, welche in die Flamme geblasen wird, befördert die Verbrennung und verstärkt darum auch ihre Wirkungen. Aber diese vermehrte Hitze kann es nicht allein sein, welche dem Mineralogen den Gebrauch des Löthrohrs so wichtig macht. Wir müssen die Flamme selbst betrachten, um ihre Veränderungen durch das Löthrohr zu erkennen.

Jede Flamme, also auch die der Oellampe, welche der Mineralog gebraucht, zeigt uns schon auf den

Digitized by Google

ersten Blick gar verschiedene Theile, mindestens eine innere und äußere Flamme, einen Kern und eine Hülle.



Rechts der Löthrohrapparat; links der Marsh'sche Apparat zur Erkennung des Arsenik's bei Vergiftungen.

Digitized by Google

Der innere dunkelblaue Kern enthält noch die unmittelbaren Zersetzungsprodukte der Fette in Gasform. Wie eine Mütze bedeckt diesen Kern die röthliche Hülle der bereits getrennten Bestandtheile des Fettes, schwach glühenden Kohlenstoffs und Wasserstoffs. Erst über dieser erhebt sich die äußere Flamme, eine große leuchtende Wasserstoffflamme, in deren Mitte die Kohlentheilchen blendend weiß erglühen, um am Außenrande zu verbrennen. Nur der untere, durch aufsteigende Gase vom Zutritt der Luft abgeschlossene Theil dieser Flamme enthält noch glühendes Gas, während in ihrer äußeren, schwach röthlich leuchtenden Spitze, wo der Kohlenstoff mit dem Wasserstoffgase zugleich verbrennt, sich die höchste Hitze entwickelt.

Unterscheiden wir also sonst gewöhnlich nur einen inneren, leuchtenden und einen äußern, schwach bläulich leuchtenden Theil der Flamme, so erhalten diese jetzt eine andre Bedeutung. Der äußere Theil ist der heißeste, hier findet der Sauerstoff der Luft ungehemmten Zutritt, und die Gase und festen Stoffe der Flamme verbrennen hier auf das Lebhafteste. Die verdichtete Luft des Löthrohrs vermehrt diese heiße Flamme noch, indem sie auch in das Innere Sauerstoff einführt, auch dort eine Verbrennung möglich macht. Was wir aber im gewöhnlichen Leben brennen nennen, das wird hier in chemischer Bedeutung Oxydation. Die Metalle, die der Mineralog in diese äußere, durch den Luftstrom des Löthrohrs zugespitzte Flamme bringt, schmelzen nicht

Digitized by Google

bloß, sie oxydiren sich zugleich, d. h. verbinden sich mit Sauerstoff. Diesen Theil der Flamme nennt man daher Oxydationsflamme. Ganz entgegengesetzt sind aber die Vorgänge im innern leuchtenden Theile der Flamme. Hier ist zwar die Hitze groß genug, um die Stoffe der Flamme zum Glühen zu bringen; aber der Sauerstoff ist abgeschlossen, durch den sie verbrennen könnten. Kommen Körper in diese Flamme, die reich genug an Sauerstoff sind, also Oxyde, so entziehen ihnen die glühenden Kohlentheilchen begierig den Sauerstoff, die Oxyde werden reducirt, d. h. in den metallischen Zustand zurückgeführt. Der Chemiker nennt darum diesen Theil der Flamme die Reductionsflamme und benutzt sie, indem er die Spitze des Löthrohrs nur an den Rand der Flamme bringt und nur so stark bläst, als hinreicht, um die Flamme umzulegen und auf den zu untersuchenden Körper hinzuleiten.

Sehen wir jetzt dem Chemiker zu, wie er mit dieser Flamme umgeht. Er bringt seinen Stoff, den er untersuchen soll, und der vielleicht nur die Größe eines Stecknadelknopfes hat, auf ein Stück Kohle oder an einen Platindraht oder in ein kleines Glaskölbchen und bläst seine Flamme darauf. Schon die Hitze treibt die flüchtigen Stoffe aus; Wasser, Schwefel, Quecksilber schlagen sich an den kalten Wänden des Glasröhrchens nieder; salpetrige Säure, Ammoniak verrathen sich durch ihren Geruch. In der Oxydationsflamme namentlich bilden sich unter Einwirkung des Sauerstoffs neue

Digitized by Google

Verbindungen, die durch ihre Eigenthümlichkeit leicht die Anwesenheit gewisser Stoffe verrathen. Schwefelhaltige Mineralien verbreiten die erstickenden Dämpfe der schwefligen Säure, arsenikhaltige die nach Knoblauch riechenden Dämpfe des Arseniks. Die Bleierze bilden auf den Kohlen einen Ueberzug von gelbem Bleioxyd, die antimonhaltigen Erze einen weißen. Wismuthoxyd entwickelt einen gelben, Kadmium einen braunen, Zink und Antimon einen weißen Rauch.

Mit diesem Umstande, daß viele Stoffe in der gewaltigen Hitze der Löthrohrflamme flüchtig werden, verbindet sich noch ein andrer, der ein ganz vorzügliches Erkennungsmittel für sie abgibt. Die glühenden Dämpfe vieler Stoffe ertheilen, selbst wenn sie in außerordentlich geringer Menge vorhanden sind, der Flamme eine so eigenthümliche und bezeichnende Färbung, daß selten der geringste Zweifel über die Natur dieser Stoffe übrig bleiben kann. Eine kleine Menge Natron färbt die Flamme gelb, und gewiß kennt Jeder die eigenthümliche Beleuchtung einer Spirituslampe, deren Docht mit Kochsalz eingerieben ist. Kali und seine Verbindungen ertheilen der Flamme eine violette, Kalk und Strontian eine hellrothe und purpurrothe, Barytерde eine gelbgrüne, Kupfersalze eine blaugrüne Färbung. Arsenik, Blei und Antimon erkennt man an der blauweißen Flamme.

Wie unverkennbar aber auch die Färbung der Flammen bei vielen solchen verdampfenden Stoffen sein

mag, so sehen wir uns doch vergeblich bei anderen Stoffen im Feuer nach ähnlichen Kennzeichen um, wie sie die Farben der Niederschläge aus den flüssigen Lösungen für uns waren. Dort sahen wir mit kaum ¾ Pfund eines Salzes 5000 Streifen Papier getränkt, so daß kaum ¼ Gran desselben auf einen Quadratzoll kam, und doch wies ein Tropfen einer andern Substanz uns das Vorhandensein desselben mit der größten Gewißheit nach. Viele Stoffe sind eben in der Flamme, selbst in der Löthrohrflamme nicht löslich, d. h. nicht schmelzbar; wie sollen sie also Färbungen, Kennzeichen abgeben? Aber der Chemiker weiß auch sie zu zwingen. Er erinnert sich, daß die Mineralien selbst ihre verschiedenen Färbungen nur gewissen fein vertheilten und in ihnen aufgelösten Stoffen verdanken, und daß es besonders Kieselsäure, Thonerde und andre schwerschmelzbare Stoffe sind, welche diese färbenden Mittel umschließen. Er erinnert sich, daß seine prachtvollen Edelsteine nur Metalloxyden ihren Schmuck verdanken, daß das schöne Grün des Smaragds von Chromoxyd, das Apfelgrün des Chrysopras von Nickeloxyd, daß das Roth der Rubine, Spinelle und Granaten von Eisen-, Mangan- und Chromverbindungen herrührt. Er erinnert sich ferner, daß man künstlich die Glasflüsse durch solche Metallzusätze färbt, daß man rothes Glas durch Zusatz von Goldpurpur, Eisenoxyd oder Kupferoxydul, gelbes Glas durch Bleioxyd, blaues durch Kobaltoxydul, grünes durch Kupferoxyd oder Chromoxyd,

Digitized by Google

violettes durch Manganoxyd, Milchglas durch Zinnoxyd erzeugen kann. Der Chemiker könnte also diese Erscheinungen zur Erkennung seiner Mineralien benutzen, wenn er nur im Stande ist, sie in Glasflüsse zu verwandeln.

Was vor allem die Schmelzbarkeit vieler Mineralien erschwert, das sind Kieselsäure und verschiedene Erden. Aber das gewöhnliche Glas ist ja eine Verbindung von Kieselsäure mit Natron, oder Kali, und so wird das beste Flußmittel für kieselreiche Verbindungen die Soda, das kohlensaure Natron abgeben. Für Erden aber kennt der Chemiker bereits zwei andre treffliche Flußmittel, Borax und Phosphorsalz (eine Verbindung von phosphorsaurem Natron mit phosphorsaurem Ammoniak). Die darin enthaltenen Säuren, Borsäure und Phosphorsäure, gehören ja zu den kräftigsten aller Säuren und sind ausgezeichnet durch die Schmelzbarkeit ihrer Verbindungen. Mit Hülfe solcher Flußmittel schmilzt der Chemiker in seiner Löthrohrflamme alle Substanzen zu glasartigen Perlen, und die Färbungen, welche diese nun zeigen, werden ihn leicht die färbenden Bestandtheile derselben, in wie geringen Mengen sie auch vorhanden sind, erkennen lassen. Natürlich werden diese Färbungen oft verschieden sein, je nachdem die Perle in der innern oder äußern, in der Reductions- oder Oxydationsflamme geglüht wurde, da die Metalle in höheren Oxydationsstufen oft ganz andre Färbungen annehmen, als in niederen.

Digitized by Google

So färbt das Chromoxyd die Perle in der äußeren Flamme smaragdgrün, in der innern gelbbraun, das Manganoxyd in der äußern Flamme violett, in der innern gar nicht, das Eisenoxyd in der äußern Flamme dunkelroth, in der innern grün, das Kupferoxyd in der äußern Flamme grün, in der innern rothbraun. Oft zeigen sich diese Farben nur in der Flamme selbst und verschwinden beim Erkalten. So erkaltet die vom Eisenoxyd in der äußern Flamme dunkelroth und die vom Chromoxyd in der innern Flamme gelbbraun gefärbte Perle farblos. Bisweilen erscheinen auch die Farben erst beim Erkalten, wie das Rothbraun des Kupferoxydes in der innern Flamme.

So muß der Chemiker allerdings ein sehr aufmerksames Auge auf jede Veränderung richten, die sein zu untersuchendes Mineral in der Löthrohrflamme erleidet, wenn er hinter alle seine geheimen Stoffe und Verbindungen kommen will. Nicht immer hat er nöthig, das Metall selbst als geschmolzenes Kügelchen in der Reductionsflamme darzustellen. Oft reicht schon eine schwache Färbung des Dampfes, des Beschlages, der geschmolzenen Perle hin, ihm die Natur des Stoffes anzudeuten. Oft verräth sie ihm selbst der Geruch und grade da, wo der nachzuweisende Stoff verloren geht, indem er sich verflüchtigt. So läßt sich zwar aus allen Substanzen, welche Arsenik enthalten, dasselbe in der Flamme ausscheiden; aber das Arsenikmetall ist flüchtig und verräth sich nur durch den Knoblauchgeruch,

Digitized by Google

wenn es nicht in seiner Flucht angehalten wird. Der Chemiker weiß freilich auch das zu bewirken, indem er die Dämpfe durch eine enge kalte Röhre streichen läßt, an deren Wänden sie sich niederschlagen. Darauf beruht das Verfahren des Chemikers, das Arsenik bei Vergiftungen nachzuweisen. Wenn man die zu untersuchende Flüssigkeit mit verdünnter Schwefelsäure mischt, so wird darin durch ein Stück Zink eine Wasserzersetzung bewirkt und durch den frei werdenden Wasserstoff sofort Arsenikwasserstoffgas gebildet. Natürlich läßt der Chemiker dies Gas nicht entweichen, ohne es untersucht zu haben. Er leitet es aus der Flasche, wie die Abbildung (S. 247) zeigt, durch eine lange gebogene Glasröhre und läßt es durch eine feine Spitze ausströmen. Hier zündet er das Gas an und hält über die schwach leuchtende gelbliche Flamme eine kleine Porzellanplatte. Der braunschwarze Fleck, der darauf entsteht, rührt von metallischen Arsenik her, das sich beim Verbrennen ausscheidet. Durch dieses einfache Mittel ist der Chemiker im Stande, die kleinsten Mengen von Arsenik, 1 Milligramm selbst oder fast $^1/_{100}$ Gran, im thierischen Körper nachzuweisen.

Diese Andeutungen mögen einstweilen genügen, dem Leser einen Begriff von den Erkennungsmitteln des Chemikers und von der Kunst seiner Analyse zu geben. Eine scharfe Beobachtung war erforderlich, um diese Mittel finden zu lehren; denn kein Mikroskop konnte sie entdecken. Sie mußten erhascht werden mitten im wirbelnden Kreislauf des stofflichen Lebens. Aber das

Digitized by Google

Erkennen beruht auch hier auf dem Daſein eines Ewigen im Wechſel, eines Geſetzes in der Bewegung. Erſt ſeit die Geſetze der Stoffverbindungen erkannt waren, vermochte man die Stoffe ſelbſt zu entdecken.

Sechstes Kapitel.

Die chemiſchen Kennzeichen der Metalle.

1. Der allgemeine Charakter der Metalle.

Unzweifelhaft iſt das Wiſſen das eigentliche Vorrecht der Wiſſenſchaft, und doch gibt es Fälle, in denen das Nichtwiſſen ebenſo zu ihren heiligen Rechten zählt. Das klingt ſonderbar, da wir gewohnt ſind, der Wiſſenſchaft die Entſcheidung über die wichtigſten Lebensfragen zu überlaſſen, und es anmaßend finden, wenn irgend eine andere Seite des menſchlichen Geiſtes die Feſtſtellung einer Wahrheit verſucht, welche die Wiſſenſchaft verweigert hat. Es erſcheint um ſo ſonderbarer, wenn die Wiſſenſchaft von dieſem Rechte des Nichtwiſſens ſelbſt Gebrauch macht, wo wir im gewöhnlichen Leben recht gut zu wiſſen glauben. Aber es iſt ſo. Wer von den Leſern ſollte nicht zu wiſſen glauben, was ein Metall iſt; die Wiſſenſchaft der Chemie weiß es in der That nicht. Allerdings iſt es der Chemie gelungen, die zahlloſen Körper der Natur zu zerlegen

und auf einige wenige ſtoffliche Beſtandtheile zurückzuführen, deren Zahl, ſelbſt die ſeltenſten mit eingerechnet, kaum 60 überſteigt. Es iſt ihr auch gelungen, aus dieſen ſogenannten Elementen die natürlichen Körper wenigſtens zu einem großen Theile zuſammenzuſetzen und die Geſetze nachzuweiſen, nach welchen ihre Verbindungen erfolgen. Sie hat endlich auch die weſentlichſten Kennzeichen dieſer Elemente feſtgeſtellt und weiß ihre Spuren auf den verſteckteſten Wegen mit einer Sicherheit zu verfolgen, die allgemeines Erſtaunen erregt.

Zu jenen Elementen gehören auch die Metalle. Aber es iſt bisher ein vergebliches Bemühen geweſen, eine ſtrenge Scheidung zwiſchen ihnen und ihren Genoſſen in dieſer Reihe vorzunehmen. Mag es daran liegen, daß auch die Chemie noch nicht überall an die letzte Scheidegrenze vorgedrungen iſt, daß es einer Wiſſenſchaft der Zukunft noch vorbehalten bleibt, die Zahl der Elemente weſentlich zu verringern, auffallende Aehnlichkeiten auf ſtoffliche Einerleiheiten zurückzuführen oder anſcheinend Einfaches als Zuſammengeſetztes darzuſtellen; mag es andererſeits an dem Umſtande liegen, daß wir in der Natur überhaupt nirgends ſcharf abgegrenzten Klaſſen, ſondern ſtets nur ſanften Uebergängen begegnen; genug, alle Verſuche einer ſyſtematiſchen Eintheilung der Grundſtoffe ſind nur ſchwankende Verſuche geblieben.

Den meiſten Leſern wird es bekannt ſein, daß man für gewöhnlich die Grundſtoffe in Metalle und Metalloide ſcheidet. Aber auch in Betreff dieſer Gruppen

Digitized by Google

besteht eine Uebereinstimmung unter den Chemikern keineswegs. Die meisten führen diese Eintheilung auf das elektrische Verhalten der Grundstoffe zurück. Bei der Trennung der mit einander verbundenen Elemente tritt nämlich stets auch ein elektrischer Gegensatz zwischen ihnen hervor; die einen begeben sich an den positiven, die andern an den negativen Pol der elektrischen Säule, welche ihre Trennung bewirkt. Man bezeichnet nun die positiven Elemente im Allgemeinen als Metalle, die negativen als Metalloide. Einen ähnlichen elektrischen Gegensatz zeigen auch die Verbindungen der Elemente mit dem Sauerstoff. Die Metalle bilden mit dem Sauerstoff vorzugsweise electropositive, die Metalloide dagegen electronegative Verbindungen; die ersteren sind zugleich, vom chemischen Standpunkte betrachtet, basischer, die letzteren saurer Natur. Aber diese Unterscheidung ist durchaus nicht scharf und allgemein gültig. Es gibt Elemente, die keineswegs immer das gleiche elektrische Verhalten zeigen, sondern sich bald zum positiven, bald zum negativen Pole begeben, je nachdem man sie durch den elektrischen Strom aus einer Verbindung mit dem einen oder dem andern Elemente ausscheidet. Die meisten Elemente haben nur einen bestimmten elektrischen Gegensatz gegen ein bestimmtes Element.

Wie wenig dieses chemisch-elektrische Verhalten geeignet ist, darauf eine Eintheilung der Elemente zu gründen, zeigt schon der Wasserstoff. Anerkannt als

eines der elektro-positivſten Elemente und in chemiſcher Beziehung ausgezeichnet durch die Fähigkeit, gerade die Metalle in ihren Verbindungen zu vertreten, wird er gleichwohl allgemein zu den Metalloiden gerechnet. Umgekehrt geht es dem Arſen und Antimon, die ſich in ihrem chemiſchen Verhalten den Metalloiden anreihen und namentlich als Geſinnungsverwandte des Phosphors zeigen, und die dennoch von den meiſten Chemikern zu den Metallen gezählt werden. Hier iſt es der äußere Eindruck, nach welchem dieſen Elementen ihre Stellung angewieſen wird.

Ebenſo wenig Sicherheit für die Eintheilung der Elemente gewährt der chemiſche Charakter ihrer Verbindungen. Der Sauerſtoff iſt es bekanntlich, mit dem alle Elemente, mit einziger Ausnahme des Fluor, Verbindungen eingehen, und ich habe ſchon erwähnt, daß die Sauerſtoffverbindungen der Metalloide vorzugsweiſe elektro-negativer Natur oder Säuren ſind, während die Oxyde der Metalle elektro-poſitiv ſind und den Charakter von Baſen tragen. Aber dies gilt nicht allgemein, und es gibt namentlich einige Metalle, wie das Mangan und ſelbſt das Eiſen, die ebenſowohl Säuren als Baſen mit dem Sauerſtoff bilden. Viel ſicherer könnte in dieſer Beziehung noch der Waſſerſtoff entſcheiden, da bekanntlich die Metalle hartnäckig jede Verbindung mit dem Waſſerſtoff verweigern, während die Metalloide ſie mit großer Leichtigkeit eingehen. Aber auch hier treten Ausnahmen ein, indem zwei ſonſt ſehr entſchieden zu

Digitized by Google

den Metalloiden gezählte Körper, das Silicium und das Bor, in ihrer Feindschaft gegen den Wasserstoff ganz den Charakter von Metallen annehmen.

Es bliebe nun freilich noch das äußere Ansehen und das physikalische Verhalten der Grundstoffe übrig, und ich habe schon angedeutet, daß es bisweilen entscheidend für die Stellung derselben gewesen. Für den Leser ist diese Aeußerlichkeit jedenfalls bisher der einzige Gesichtspunkt gewesen, unter dem er Metalle und Metalloide zu scheiden gewohnt war. Im Allgemeinen bezeichnet man demnach als Metalle diejenigen Elemente, welche sich durch ein höheres specifisches Gewicht, durch Undurchsichtigkeit, eigenthümlichen Glanz, Festigkeit und ein besonderes Leitungsvermögen für Wärme und Elektricität auszeichnen. Aber abgesehen davon, daß ein bloßes Mehr oder Minder niemals eine sichere Abgrenzung gestattet, kommen diese Eigenschaften den Elementen nur zu, wenn sie compakte Massen bilden. In sehr fein zertheiltem Zustande bilden sie graue oder schwarze Pulver, welche die Wärme und Elektricität nur in sehr geringem Grade leiten und keine Spur von Metallglanz zeigen. Gewöhnlich reicht allerdings schon ein bloßes Pressen zwischen zwei harten Körpern, etwa ein Glätten mit dem Polirstahl hin, um den Metallglanz hervortreten zu lassen, und in allen Fällen zeigt sich dieser Glanz, wenn das Pulver zum Schmelzen erhitzt wird. Aber es gibt nun Metalle, die man bisher nur in pulverförmigem Zustande darstellen konnte,

Digitized by Google

und es gibt wieder Metalloide, d. h. in chemiſchem Sinne, wie das Arſen, die entſchieden Metallglanz zeigen, oder wie der Kohlenſtoff, der in dem einen Zuſtande weder Metallglanz noch Leitungsfähigkeit für Wärme und Electricität beſitzt, während er in einem andern als Graphit ſich durchaus metallglänzend zeigt und als geglühte Holzkohle die Elektricität leitet. Wollte man aber auch für die Metalle ſolche Kennzeichen gelten laſſen, ſo würde man für die Metalloide doch keine andere allgemeine Charakterbezeichnung finden, als daß ſie unter einander nichts recht Uebereinſtimmendes haben, daß ſie im Allgemeinen etwa eine größere Neigung beſitzen, ſich unter einander chemiſch zu verbinden, als die Metalle, und daß die ſo gebildeten Verbindungen in ihren Eigenſchaften auffallend mehr von denen der urſprünglichen Elemente abweichen, als es bei den Verbindungen der Metalle unter einander ſtattfindet. Jedenfalls tritt die angenommene Kluft zwiſchen Metallen und Metalloiden noch am deutlichſten in dem Umſtande hervor, daß die Luſt, ſich zu verbinden, oder die chemiſche Verwandtſchaftskraft am kräftigſten ſich bethätigt zwiſchen den Metalloiden einerſeits und den Metallen andrerſeits.

Es iſt ein Glück, daß das praktiſche Leben von dieſer theoretiſchen Unſicherheit unberührt bleibt. Beim Gebrauch kommt es auf Namen und ſyſtematiſche Stellung nicht an. Man hat ſogar in den früheſten Zeiten bereits Unterſcheidungen gemacht, welche von der

Digitized by Google

Wissenschaft nur bestätigt werden. Allerdings wird der Name „Metall" im gewöhnlichen Leben nur einer sehr beschränkten Zahl von Elementen zugetheilt, nur solchen, die wirklich in metallischem Zustande zur Verarbeitung kommen. Im Alterthum waren es bekanntlich nur 6 bis 7 Stoffe, die als Metalle bezeichnet wurden: Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei und Quecksilber. Erst im 15. und 16. Jahrhundert mehrte sich ihre Zahl durch die Bekanntschaft mit dem Antimon, Zink und Wismuth. Die neuere Zeit hat zwar auch auf diesem Gebiete zu einer wesentlichen Bereicherung geführt, die aber doch in keinem Vergleich steht zu derjenigen, welche die wissenschaftliche Kenntniß der Metalle erfahren hat. Die Grundstoffe von gewöhnlichen Erden oder gar Alkalien- den Metallen anzureihen, wäre noch heutigen Tages außerhalb des wissenschaftlichen Gebietes Keinem eingefallen, wenn nicht einer derselben, das Aluminium oder Thonerdemetall, durch die Aussicht, sich zu Werkzeugen und Gefäßen verarbeiten zu lassen, sich gewaltsam in die Reihe der technischen Metalle eingedrängt hätte.

Ich sagte, daß selbst eine gewisse Eintheilung der Metalle sehr alt sei, und mindestens ist es der arabische Gelehrte Geber, welcher zuerst edle und unedle Metalle unterschied. Diese Eintheilung beruht auf natürlichen, chemischen Gründen. Die edlen Metalle — damals nur Gold und Silber; jetzt ist auch noch das Platin mit seinen Verwandten dazugekommen —

Digitized by Google

haſſen im Allgemeinen den Verkehr mit den alltäglichen Elementen der ſtofflichen Welt, ſie ſtrahlen am liebſten in ihrem eigenen, angeborenen Glanze und befreien ſich, ſelbſt wenn ſie vom Chemiker zu einer unliebſamen Verbindung gezwungen worden ſind, oft gewaltſam daraus. Es iſt bekannt, wie verunſtaltend der Sauerſtoff, das gemeinſte aller Elemente, auf die unedlen Metalle einwirkt, wie er ſie ihres Glanzes, ihrer Feſtigkeit, ihrer Elaſticität beraubt. Nur die edlen Metalle widerſtehen hartnäckig dieſem Feinde. Es iſt bekannt, daß der Chemiker allerdings auch Gold und Silber zwingen kann, ſelbſt mit dem Stickſtoff ſich zu verbinden, aber Jeder weiß auch, daß die geringſte Veranlaſſung, ein kleiner Stoß, eine bloße Berührung oft hinreicht, um dieſe unnatürliche Verbindung zu löſen und den edlen Metallen unter furchtbaren Erſchütterungen die Freiheit wieder zu geben. In dieſer gewiß edlen Tugend beruht ſowohl die Achtung, welche die edlen Metalle in der Technik genießen, als das hohe Alter ihrer Bekanntſchaft. Der Grad der Unveränderlichkeit bedingt auch die Brauchbarkeit der Metalle, ſei es zum Schmuck oder zu Gefäßen, welche Flüſſigkeiten oft ſelbſt von ſehr zerſtörenden Eigenſchaften, wie die Säuren, umſchließen ſollen. Es iſt bekannt, daß es für Gold und Platin unter allen Auflöſungsmitteln faſt nur eines gibt, das ſie bezwingt, die unter dem Namen des Königswaſſers bekannte Miſchung von Salz- und Salpeterſäure.

Digitized by Google

Ihre Standhaftigkeit gegen fremde Einflüsse bedingt ferner das Vorkommen der edlen Metalle in der Natur. Sie treten, Gold und Platin faſt immer, das Silber wenigſtens häufig, in gediegenem Zuſtande auf, frei von jeder Verbindung mit andern Elementen, und es bedarf zu ihrer Gewinnung daher oft kaum einer andern Arbeit, als des Sammelns und des Auswaſchens und Abſchlemmens der leichteren Geſteinstheile. Das erklärt auch das hohe Alter ihres Gebrauchs unter den Menſchen, das weit über das der nützlicheren Metalle, Eiſen und Kupfer, hinausgeht. Durch die moſaiſchen Schriften, durch die Geſänge des Heſiod und Homer und durch die Lieder der Edda klingt gleich laut das Lob des Goldes, aber auch die Klage über ſeine verführeriſche Macht.

Für gewöhnlich mag man den Adel dieſer Metalle in ihrer verhältnißmäßigen Seltenheit begründet wähnen. Aber jedenfalls iſt es, ſelbſt abgeſehen von jener hochachtbaren Selbſtändigkeit und Reinheit von fremden Einflüſſen, und abgeſehen von ihrer außerordentlichen Dichtigkeit und Schwere, eine wahrhaft innere Tugend, die ihren Werth im Leben beſtimmt, ihre Dehnbarkeit. Es iſt eine bekannte Redensart, daß man mit einem Dukaten einen Reiter ſammt dem Roſſe vergolden könne; aber in Wahrheit kann man einen vergoldeten Silberdraht zu einer Feinheit ausziehen und walzen, daß die Dicke des Goldüberzuges nicht mehr als 12 Millionentheile eines Zolles beträgt.

Digitized by Google

Dieſe Dehnbarkeit, die ſchon den Alten bekannt war und von ihnen in hohem Grade benutzt wurde, iſt die Haupturſache der außerordentlich reichen Anwendbarkeit dieſer Metalle; ja ſie iſt es, die ihnen eine Geſchmeidigkeit verleiht, daß trotz ihrer Koſtbarkeit ihr Glanz in die ärmſte Hütte eindringt.

So gerechtfertigt nun auch dieſe im gewöhnlichen Leben gangbare Unterſcheidung von edlen und unedlen Metallen ſein mag, für die Wiſſenſchaft bedarf ſie doch noch einer andern Begründung. Mindeſtens reicht ſie heute für die Wiſſenſchaft nicht mehr aus, da die Zahl der Metalle für dieſe auf 48 angewachſen iſt. Allerdings iſt eine ſcharfe Begrenzung der Gruppen von einer wiſſenſchaftlichen Eintheilung der Metalle ebenſo wenig zu erwarten, als ſie die Scheidung von Metallen und Metalloiden gewährte. Es iſt immer nur ein Verſuch zur Vereinfachung der Ueberſicht dieſer zahlreichen Stoffe.

Am wenigſten kann die bekannte Eintheilung in ſchwere und leichte Metalle noch feſtgehalten werden, ſchon um des Aluminiums willen nicht, das trotz ſeiner Leichtigkeit ſo entſchieden den Charakter der eigentlichen Metalle geltend macht. Die natürlichſten Gruppen bildet daher noch das chemiſche Verhalten der Metalle zum Sauerſtoff und ihre zerſetzende Einwirkung auf das Waſſer. Hier tritt uns zuerſt eine Gruppe von Metallen entgegen, welche die Eigenſchaft haben, ſich mit dem Sauerſtoff in allen Temperaturen zu ver-

Digitized by Google

binden, ihn ſelbſt in der Glühhitze feſtzuhalten und das Waſſer auch bei der niedrigſten Temperatur unter Entwickelung von Waſſerſtoff zu zerſetzen. Das ſind die bekannten Metalle der Alkalien und alkaliſchen Erden, Kalium, Natrium, Calcium und einige minder bekannte. Eine zweite Gruppe wird von denjenigen Metallen gebildet, welche ſich zwar auch noch mit dem Sauerſtoff bei den höchſten Temperaturen verbinden und auch durch bloße Hitze ſich nicht von ihm trennen laſſen, die aber das Waſſer erſt bei einer über 50° gehenden Temperatur zerſetzen. Die Verwandtſchaft dieſer Metalle zum Sauerſtoff hängt jedoch weſentlich von ihrer Vertheilung ab. So vereinigt ſich das Eiſen ſelbſt als Eiſenfeile erſt in der Rothglühhitze mit dem Sauerſtoff, während ein künſtlich durch Reduction von Eiſenoxyd gewonnenes feines Eiſenpulver ſchon in gewöhnlicher Temperatur in Berührung mit der Luft ſich entzündet und oxydirt. So zerſetzt ferner das compakte Eiſen den Waſſerdampf erſt in der Rothglühhitze, während jenes Pulver ihn ſchon bei einer Temperatur von 100° zerſetzt. Zu dieſen Metallen, die noch die wichtige Eigenſchaft mit einander theilen, daß ſie das Waſſer bei Gegenwart einer ſtarken Säure ſelbſt in der Kälte zerſetzen, gehören die Metalle der Erden, unter denen das Aluminium die hervorragendſte Stelle einnimmt, das Eiſen mit ſeinen Verwandten, dem Mangan, Nickel und Kobalt, das Zink und einige minder bekannte. Eine dritte natürliche Gruppe

wird von denjenigen Metallen gebildet, die in der Rothglühhitze sich sowohl mit Sauerstoff verbinden, als den Wasserdampf zersetzen, und deren Oxyde ebenso hartnäckig, wie die ebenerwähnten, der Zersetzung durch bloße Hitze widerstehen, die aber das Wasser nicht in Gegenwart starker Säuren, wohl aber in Gegenwart starker Basen zersetzen, da ihre Oxyde starken Basen gegenüber geradezu das Verhalten kräftiger Säuren zeigen. Es sind außer einigen selteneren Metallen vorzugsweise Zinn und Antimon, welche hierher gehören. Eine vierte Gruppe umfaßt diejenigen Metalle, welche mit den bisherigen noch die Eigenschaft theilen, daß sie sich in der Rothglühhitze mit dem Sauerstoff verbinden, und daß ihre Oxyde durch Hitze nicht zersetzt werden, die sich aber dadurch auszeichnen, daß sie das Wasser nur in sehr hoher Temperatur und in sehr geringem Grade zersetzen, bei gewöhnlicher Temperatur aber weder in Anwesenheit starker Säuren, noch starker Basen. Kupfer, Blei und Wismuth bilden die Glieder dieser Gruppe. Die fünfte Gruppe endlich umschließt die sogenannten edlen Metalle, deren Oxyde durch Hitze allein zerlegt werden, und die zugleich unter keinen Umständen Sauerstoff aus dem Wasser aufnehmen. Allerdings bewirken auch diese scheinbar eine Zersetzung des Wassers; allein in Wirklichkeit findet nur durch die hohe Temperatur ein Zerfallen des Wassers in seine Bestandtheile statt, und es ist keine chemische Verwandtschaftskraft thätig, welche

Digitized by Google

etwa einen der Bestandtheile mit dem Metall zu verbinden strebt. Man zählt zu diesen edlen Metallen außer Gold, Silber, Platin und seinen Verwandten häufig auch das Quecksilber, obgleich es in seiner Feindschaft gegen den Sauerstoff nicht die gleiche Standhaftigkeit bewährt, sich vielmehr in einer bestimmten Temperatur sehr leicht oxydirt.

Diese Uebersicht wird, wenn sie auch keinen hohen wissenschaftlichen Werth hat, uns wenigstens beim Aufsuchen der Eigenthümlichkeiten der einzelnen Metalle von Nutzen sein.

---

2. Das Verhalten der Metalle und Metalloxyde zu Metalloiden und Säuren.

So unklar die Wissenschaft auch über den Begriff der Metalle, so unsicher sie über den Platz ist, welchen sie einem einzelnen Metalle in den Ordnungen und Gruppen eines Systems zuweisen soll, so sicher fühlt sie sich doch, wo es die charakteristischen Kennzeichen, selbst die verborgensten Eigenthümlichkeiten einzelner Metalle zu entdecken gilt, wo sie zu scheiden und zu unterscheiden hat. Mit außerordentlicher Sorgfalt hat sie die Lebensäußerungen der Metalle beobachtet und selbst die kleinsten Züge in dem Verhalten der Metalle zu andern wirksamen Stoffen zu entscheidenden Erkennungszeichen gemacht. Es ist dies um so wichtiger, als im gewöhnlichen Leben gerade durch

Digitized by Google

dieſen Verkehr mit andern Stoffen die Metalle dem Auge bereits entzogen zu ſein pflegen, und es in der Regel mehr darauf ankommt, ein Metall durch die entſtellende Hülle ſeiner mannigfaltigen Verbindungen hindurch zu erſpähen, als es in ſeiner Reinheit von einem andern unvermiſchten zu unterſcheiden. Um dieſen Scharfſinn des Chemikers zu begreifen, müſſen wir einen Blick auf das Verhalten der Metalle zu andern chemiſchen Stoffen werfen.

Wir haben das ganze Reich der einfachen chemiſchen Stoffe in zwei Hauptgruppen, in Metalloide und Metalle geſchieden und den weſentlichen Grund dieſer Unterſcheidung in dem kräftigen Auftreten des chemiſch-electriſchen Gegenſatzes, dem lebendigen Bethätigen der chemiſchen Verwandtſchaftskraft zwiſchen den Gliedern beider Gruppen geſucht. Unter den Metalloiden, welche vorzugsweiſe dieſe Verwandtſchaftskraft gegen die Metalle geltend machen, haben wir hier weſentlich drei hervorzuheben: Sauerſtoff, Schwefel und Chlor. Es iſt bekannt, daß der Sauerſtoff allerdings unter verſchiedenen Bedingungen ſich mit allen Metallen zu verbinden vermag, und daß dieſer Vorgang mit dem Namen der Oxydation bezeichnet wird. Die Verbindung mit reinem Sauerſtoff geht bisweilen mit einer ſolchen Lebhaftigkeit vor ſich, daß ſie zu einer wahren Verbrennung wird, indem dabei eine Wärmeentwicklung ſtattfindet, die ſich bis zur Glühhitze ſteigern kann. Namentlich geſchieht dies bei

Digitized by Google

einer feinen Zertheilung des Metalls, während compactere Massen sich bald mit einer Oxydschicht zu überziehen pflegen, welche die fernere Berührung mit dem Sauerstoff hindert. Nur das Eisen verbrennt selbst in Form dicker Drähte im Sauerstoffgase, da das Oxyd in Folge der hohen Temperatur beständig schmilzt und die Oberfläche frei erhält. Einzelne flüchtige Metalle, wie das Zink, verbrennen sogar an der gewöhnlichen Luft in der Rothglühhitze vollständig mit weißer, glänzender Flamme, indem das dampfförmige Metall sich oxydirt und dann zu einem nicht flüchtigen Stoffe verdichtet, der in der Flamme des Metalls blendend erglüht. Am wenigsten widerstehen die Metalle dem oxydirenden Einflusse des Sauerstoffes in Gegenwart von Feuchtigkeit. Das Rosten des Eisens in feuchter Luft ist bekannt. Es führt oft zu einer völligen Zerstörung der ganzen Eisenmasse, während andere Metalle, wie Zink, sich bald mit einer Oxydhaut bedecken, die dem weiteren Eindringen des Sauerstoffs ein Ziel setzt. Noch kräftiger oxydirend wirkt die feuchte Luft in Gegenwart von Säuren, selbst in geringer Menge, namentlich in Form saurer Dämpfe, indem diese die Verwandtschaft des Metalls zum Sauerstoff erhöhen und eine Zersetzung des Wassers bewirken. Diese Wasserzersetzung ist es auch, welche die anfangs sehr langsame Oxydation mancher Metalle allmälig in so auffallender Weise beschleunigt. Anfangs oxydirt sich nämlich das Metall nur auf Kosten des im Wasser

Digitized by Google

aufgelösten Sauerstoffs; nach und nach bildet aber die entstehende Oxydschicht einen electrischen Gegensatz zu dem Metalle, und es tritt nun die wasserzersetzende Wirkung der electrischen Säule ein; der Sauerstoff des zersetzten Wassers gibt der Oxydation neue Nahrung. Gerade dieser Umstand aber ist es, der zugleich zu wirksamen Schutzmitteln gegen die Oxydation der Metalle geführt hat. Man bringt nämlich das Metall mit einem Körper in Berührung, der in einem electropositiven Verhältniß zu diesem steht und dadurch die Verwandtschaft desselben zum Sauerstoff schwächt. Man überzieht z. B. das leicht oxydirbare Eisen mit einer sehr dünnen Schicht von Zink, welche letztere sich allerdings nun um so schneller oxydirt, aber zugleich durch die gebildete Oxydschicht gleichsam wie mit einem undurchdringlichen Firniß die unteren Schichten schützt. Solches Eisen ist unter dem Namen des galvanisirten Eisens bekannt.

Auch der Schwefel ist fähig, sich mit fast allen Metallen direct zu verbinden, namentlich in der Hitze, oder wenn der Schwefel in Dampfform das glühende Metall berührt. Noch kräftiger freilich und selbst kräftiger als der Sauerstoff wirkt das Chlor auf die Metalle ein. Die Verbindung geschieht meist schon in der Kälte, bisweilen sogar mit einer solchen Energie, daß die stattfindende Wärmeentwicklung zum Erglühen, ja selbst zur Entzündung des Metalles führt.

Wir haben nun drei Hauptgruppen von Metall-

Digitized by Google

verbindungen von sehr charakteristischen Eigenthümlichkeiten erhalten: Metalloxyde, Schwefelmetalle und Chlormetalle. Die Unterscheidung und Erkennung dieser Gruppen ist überaus leicht. Die wichtigste Stelle unter ihnen nehmen jedenfalls die Metalloxyde ein, denn sie bilden die Grundlage bei weitem der meisten in der Natur wie im gewerblichen Leben vorkommenden Erscheinungsformen der Metalle. Die Erkennung der Metalloxyde beruht hauptsächlich auf der Eigenschaft derselben, sich in starken Säuren, namentlich in concentrirter Schwefelsäure aufzulösen, ohne daß dabei weder Gase, noch saure Dämpfe entweichen, noch irgend welche Säuren, außer der zur Auflösung verwandten, sich in der Lösung selbst auffinden lassen. Ein wesentliches Kennzeichen der meisten Metalloxyde ist ferner, daß sie durch Wasserstoff in der Glühhitze reducirt, d. h. unter Bildung von Wasserdämpfen in die ursprünglichen Metalle zurückgeführt werden. Allerdings widerstehen einige Metalloxyde dieser reducirenden Kraft des Wasserstoffs, und zwar sind das die Oxyde sämmtlicher Alkali-, alkalischen Erd- und Erdmetalle. Die Alkalien und alkalischen Erden aber, wie Kali, Natron, Kalk, Baryt und Bittererde, machen sich wieder dadurch sehr kenntlich, daß sie mehr oder minder leicht in Wasser löslich sind und die bekannte alkalische Reaction auf Lackmuspapier zeigen. Die Oxyde der Erdmetalle endlich, wie namentlich das des Aluminiums oder die Thonerde, die freilich weder

Digitized by Google

durch Waſſerſtoff reducirt werden, noch ſich in Waſſer löſen, noch auf Lackmus reagiren, werden außer an ihrer Unlöslichkeit daran erkannt, daß ſie ſich bei Behandlung mit Schwefelſäure ohne Entwicklung ſaurer Dämpfe auflöſen.

Für die Schwefelmetalle ſind die ſicherſten Kennzeichen durch ihre leichte Zerſetzbarkeit und gewiſſe mit ihrer Zerſetzung verbundene Erſcheinungen gegeben. Bei den meiſten Schwefelmetallen findet nämlich, wenn ſie mit verdünnter Schwefelſäure oder Salzſäure erhitzt werden, ein Entweichen von Schwefelwaſſerſtoff ſtatt, das ja durch ſeinen Geruch hinreichend kenntlich iſt. Bei einzelnen, die den Schwefel in mehrfachen Verhältniſſen gebunden enthielten, wird zugleich Schwefel abgeſchieden. Einzelne Schwefelmetalle werden allerdings ſelbſt beim Kochen mit wäſſeriger Salzſäure nur ſchwer angegriffen; aber auch bei dieſen tritt die Zerſetzung ſofort bei Anwendung von Salpeterſäure oder Königswaſſer ein. In dieſem Falle wird der Schwefel in Schwefelſäure verwandelt, deren Gegenwart durch ſehr charakteriſtiſche Reactionen nachgewieſen werden kann. Alle Schwefelmetalle endlich bilden, mit einer Miſchung von kohlenſaurem und ſalpeterſaurem Kali erhitzt, ſchwefelſaure Alkalien, die ſich im Waſſer löſen und gleichfalls nicht verkannt werden können.

Die Chlormetalle ſind ſämmtlich mit Ausnahme des Chlorſilbers und Halbchlorqueckſilbers oder Calomel's in Waſſer löslich. In dieſer Löſung aber iſt die An-

Digitized by Google

weſenheit eines Chlormetalls ſehr leicht durch den weißen, flockigen Niederſchlag nachzuweiſen, welchen ein Zuſatz von ſalpeterſaurem Silberoxyd hervorruft. Dieſer Niederſchlag färbt ſich nämlich am Tageslichte ſehr bald violett, endlich ſchwarz, ſchwärzt ſich ſogar in directem Sonnenlichte faſt augenblicklich; zugleich iſt er in Säuren unlöslich, löſt ſich dagegen leicht in Ammoniak auf. Für alle Chlormetalle iſt ein weiteres Kennzeichen die Entwicklung gasförmiger Chlorwaſſerſtoff- oder Salzſäure bei Behandlung mit concentrirter Schwefelſäure. Noch zweifelloſer wird die Erkennung der Chlormetalle bei ihrer Erhitzung mit einem Gemiſche von Braunſtein und Schwefelſäure, indem dabei das freiwerdende Chlor ſchon durch ſeinen unverkennbaren Geruch die Rolle des Verräthers übernimmt.

Dieſe drei Gruppen einfacher Metallverbindungen, zu denen ſich allerdings noch einige verwandte, aber für das allgemeine Verſtändniß minder wichtige Gruppen geſellen, bilden nun die Grundlage jener überaus zahlreichen und mannigfaltigen chemiſchen Verbindungen, die wir als Salze bezeichnen. Sie bilden das poſitive Element gegenüber dem negativen der Säuren, aus deren Vereinigung das letzte und höchſte Produkt des anorganiſchen Lebens hervorgeht. Eine jener Gruppen, die der Chlormetalle, der ſich die verwandten, unter dem Namen der Haloidſalze zuſammengefaßten Gruppen anſchließen, trägt an ſich ſchon den Charakter der Salze. Die Chlormetalle gehen keine fernere Verbin-

dung weder mit Säuren noch mit Basen ein; sie zerfallen lieber, ehe sie ihre Abgeschlossenheit und Ruhe aufgeben, und sie nehmen im Verkehr mit anderen Salzen in Gegenwart von Wasser ganz das charakteristische Verhalten dieser an. Minder hartnäckig sind die Schwefelmetalle. Unter einander wenigstens lassen sie jene Gegensätze hervortreten, die wir als electropositive und electronegative bezeichneten; unter einander wenigstens übernehmen sie die Rolle von Basen und Säuren, verbinden sie sich zu Salzen. Aber die eigentliche Grundlage der Mannigfaltigkeit im anorganisch-chemischen Reiche sind die Metalloxyde. Sie sind die echten Basen, die in ihrer einseitigen Unselbständigkeit des Gegensatzes unabweislich bedürfen und in der Vereinigung mit Säuren gleichsam erst das Ruheziel ihres Daseins finden. Allerdings zeigt sich auch hier wieder, wie wenig man in der Natur auf scharfe Begriffsbestimmungen rechnen darf, wie wenig sie sich überhaupt um Systeme und Schemate kümmert. Nicht alle Metalloxyde sind fähig, die Grundlagen oder Basen für Salze abzugeben. Einzelne zeigen sogar entschieden den Charakter von Säuren und bilden im Gegentheil mit starken Basen Salze. Dahin gehören namentlich die Chromsäure, Mangansäure, Zinnsäure und Antimonsäure. Andere, wie namentlich die Thonerde, sind fähig, jeden der beiden chemischen Gegensätze geltend zu machen, gegen starke Säuren die Rolle einer Basis, gegen starke Basen die Rolle einer Säure zu spielen.

Digitized by Google

Noch andere sind überhaupt unfähig, Verbindungen einzugehen, und müssen bei der Behandlung mit Säuren erst eine Zersetzung erleiden, ehe sie ihrem Einflusse zugänglich werden. Dahin gehören die sogenannten Hyperoxyde und Suboxyde. Endlich gibt es eine Gruppe von Metalloxyden, die bereits den Charakter von fertigen Salzen zeigen. Es sind Verbindungen zweier Oxyde desselben Metalls, von denen das eine die Rolle der Säure, das andere die der Basis übernommen hat. Eisenoxyd, Manganoxyd, Chromoxyd sind solche salzartige Oxyde.

Immerhin bleibt bei der bekannten Neigung der meisten Metalle, mehrfache Verbindungen mit dem Sauerstoff einzugehen, noch eine hinreichende Zahl von Metalloxyden übrig, welche als Basen die Grundlage jener überaus großen Mannigfaltigkeit von Salzen bilden können, in denen uns überall in der Natur und im praktischen Leben die metallische Welt entgegentritt. Da aber in diesen Salzen gerade der ursprüngliche Charakter der Metalle am meisten verdeckt und verwischt ist, so sind sie es auch, die am dringendsten die prüfende Kunst des Chemikers herausfordern. Allerdings ist die eigenthümliche Natur des Metalles auch in den Salzen nie ganz erstickt, und es bedarf oft nur einer einzigen chemischen Anregung, um sie unverkennbar hervorzurufen. Aber ebenso kräftig drückt auch der andere Bestandtheil, die Säure, den Salzen den Stempel der Eigenthümlichkeit auf, und es lassen

Digitized by Google

ſich auch nach dieſer Seite hin ſo ſcharf begrenzte Gruppen bilden, wie ſie die Natur im ſtofflichen Reiche nur irgend zuläßt. Immer aber wird es zur Erkennung ſowohl der metalliſchen Grundlage, wie der Säure im Salze einer ſorgfältigen Beobachtung des Verhaltens bedürfen, welches die Salze gegen Säuren und Baſen, wie gegen einander zeigen.

Die Einwirkung der Säuren wie der Baſen auf ein Salz beſteht in den meiſten Fällen in einer Zerſetzung des Salzes. Dieſe Zerſetzung tritt wenigſtens ſtets dann ein, wenn die zugeſetzte Säure mit der Baſis des löslichen Salzes oder die zugeſetzte Baſis mit der Säure deſſelben eine unlösliche Verbindung bildet. So bewirkt die Schwefelſäure in einer Löſung von ſalpeterſaurem Baryt eine Zerſetzung, indem der neugebildete ſchwefelſaure Baryt als unlöslich ſich niederſchlägt, während die Salpeterſäure frei wird. So zerſetzt der Baryt das ſchwefelſaure Kali, indem ſich der ſchwefelſaure Baryt ausſcheidet und das Kali in der Flüſſigkeit gelöſt bleibt. Die Zerſetzung tritt aber auch dann ein, wenn die in dem Salze gebundene Säure oder Baſis unlöslich iſt. So zerſetzt die Schwefelſäure eine Löſung von borſaurem Natron, indem ſich die Borſäure in unlöslichen kryſtalliniſchen Blättchen abſcheidet und dafür ein ſchwefelſaures Natron gebildet wird. So zerſetzt Kali eine ſalpeterſaure Bleioxydlöſung, indem es unlösliches Bleioxydhydrat ausſcheidet. Endlich aber wird überhaupt in einem Salze

jede Säure durch eine minder flüchtige Säure, jede Basis durch eine minder flüchtige Basis verdrängt. So wird die Kohlensäure aus allen kohlensauren Salzen durch Salpetersäure ausgetrieben. So verdrängt der Kalk das Ammoniak in allen seinen Verbindungen.

Auch in dem chemischen Verkehr der Salze unter einander tritt in den meisten Fällen eine Zersetzung, sogar eine gegenseitige ein. Nur selten verbinden sich zwei Salze zu einem Doppelsalze. Ein bekanntes Beispiel dafür liefert der Alaun, der aus der Vereinigung von schwefelsaurer Thonerde mit schwefelsaurem Kali hervorgegangen ist. Gewöhnlich findet ein gegenseitiger Austausch der Säuren und Basen beider Salze statt, und zwar stets, wenn aus diesem Austausch die Bildung eines unlöslichen Salzes hervorgeht, unter Umständen aber auch schon dann, wenn eines der sich neubildenden Salze nur minder löslich ist, als die ursprünglichen Salze. Aus einer Mischung von schwefelsaurem Natron und salpetersaurem Baryt gehen durch Austausch der Bestandtheile salpetersaures Natron und schwefelsaurer Baryt hervor, welcher letztere dabei einen unlöslichen Niederschlag bildet. Vermischt man eine Lösung von Chlorkalium mit einer Lösung von salpetersaurem Natron und dampft sie kochend ein, so entsteht gleichfalls eine doppelte Zersetzung; die Flüssigkeit enthält salpetersaures Kali gelöst, und das in der Wärme minder lösliche Chlornatrium scheidet sich in Krystallen aus.

Digitized by Google

Aus diesem Verhalten der Salze zu Säuren und Basen wie gegen einander werden wir nun den Chemiker die scharfsinnigen Mittel herleiten sehen, durch welche er die Bestandtheile der Salze scheidet und so zuversichtlich die verborgensten Spuren der Metalle in ihnen aufdeckt.

---

3. Die Erkennung der in den Salzen enthaltenen Säuren.

Die verbreitetste Form, in welcher die Metalle auftreten, ist die der Salze, die wir mit Uebergehung der bereits vorher charakterisirten salzähnlichen Verbindungen, der Schwefelmetalle, Chlormetalle und verwandten, im Wesentlichen als Verbindungen von Metalloxyden und Säuren bezeichnen können. Es ist auch bereits erwähnt worden, daß diesen Salzen ein doppelter Charakter aufgeprägt wird, einmal durch die Säure, dann durch die Natur des darin versteckten Metalles. Nach diesen beiden Richtungen hat also der Chemiker seine Untersuchungen zu verbreiten.

Wir beginnen mit der einfacheren Aufgabe, der Aufsuchung der Kennzeichen, durch welche die einzelnen Säuren ihre Anwesenheit in den Salzen verrathen, wobei wir uns natürlich auf die bekanntesten und außerhalb des Laboratoriums verbreitetsten Säuren beschränken. Zu den bekanntesten Salzen gehören jedenfalls die salpetersauren. Sie sind fast sämmtlich im

Digitized by Google

Waſſer löslich und zerſetzen ſich beim Erhitzen unter Entwicklung ſehr ſauerſtoffreicher Produkte, welche die Verbrennung lebhaft unterhalten. Darum iſt es ein wichtiges Kennzeichen für die ſalpeterſauren Salze, daß ſie auf glühenden Kohlen ein lebhaftes Funkenſprühen veranlaſſen und, mit pulverförmiger Kohle erhitzt, ſogar Detonationen bewirken. Ein anderes, noch ſicheres Kennzeichen ergibt ſich aus der Zerſetzung der ſalpeterſauren Salze beim Erhitzen mit Schwefelſäure. Es entwickeln ſich dabei Dämpfe von Salpeterſäure, die durch einen kleinen Zuſatz von metalliſchem Kupfer in Stickſtoffoxydgas verwandelt werden, das ſich durch die rothen Dämpfe, die es an der Luft erzeugt, ſo leicht zu erkennen gibt. Durch dieſes Stickſtoffoxydgas iſt es möglich, die kleinſten Mengen von Salpeterſäure in einer Flüſſigkeit nachzuweiſen. Man darf nur einige Tropfen dieſer Flüſſigkeit zu einer Löſung von etwas angeſäuertem ſchwefelſauren Eiſenoxydul (Eiſenvitriol) gießen und ein Eiſenblech hineintauchen, ſo zeigt ſehr bald eine roſenrothe oder ſelbſt braune Färbung die Anweſenheit ſelbſt von Spuren der Salpeterſäure an. Das metalliſche Eiſen wirkt nämlich in Gegenwart von Schwefelſäure zerſetzend auf die Salpeterſäure, und ſo wird Stickſtoffoxyd frei, welches die Eiſenvitriollöſung färbt. Dieſelbe charakteriſtiſche Färbung zeigt ſich, wenn man Kryſtalle von ſchwefelſaurem Eiſenoxydul in die Löſung bringt und einige Tropfen concentrirter Schwefelſäure hinzufügt.

Digitized by Google

Die Salpetersäure verwandelt dann das Eisenoxydul in Eisenoxyd und sich selbst in Stickstoffoxyd.

Eine gewisse Aehnlichkeit mit den salpetersauren Salzen zeigen die chlorsauren. Auch sie werden sämmtlich in der Hitze zersetzt, auch sie wirken durch freiwerdenden Sauerstoff sehr lebhaft auf verbrennliche Substanzen ein, bewirken, auf glühende Kohlen geworfen, eine heftige Verbrennung und beim Erhitzen mit Kohle, Schwefel oder Phosphor starke Detonationen. Mit Schwefelsäure oder Chlorwasserstoffsäure behandelt, entwickeln sie ein gelbes Gas, die Unterchlorsäure, welche, durch Farbe, Geruch und die Eigenschaft, schon bei gelinder Erwärmung zu verpuffen, leicht kenntlich, damit auch die ursprüngliche Anwesenheit der Chlorsäure am besten verräth.

Wichtiger und verbreiteter sind die schwefelsauren Salze, die sich, mit Ausnahme der fast unlöslichen Baryt-, Strontian- und Bleioxydsalze und des schwerlöslichen schwefelsauren Kalks, sämmtlich leicht in Wasser lösen. Durch Hitze werden nur die schwefelsauren Salze der Alkalien, alkalischen Erden und das schwefelsaure Bleioxyd nicht zersetzt. Die übrigen entwickeln entweder beim Glühen ein Gemenge von schwefliger Säure und Sauerstoff, oder lassen, indem sie sich zugleich bei verhältnißmäßig niedriger Temperatur zersetzen, ihre Säure selbst als wasserfreie Schwefelsäure hervortreten. Bei der Erhitzung mit Kohle geben die meisten schwefelsauren Salze einen Rückstand von Schwe-

Digitized by Google

felmetallen; bei einigen iſt indeß ein Zuſatz von kohlenſaurem Kali erforderlich, um dieſen Rückſtand zu erzielen. Dieſe Schwefelmetalle ſind aber, wie wir wiſſen, ſehr leicht kenntlich durch den Schwefelwaſſerſtoff, den ſie bei Behandlung mit Säuren entwickeln. Das ſicherſte Kennzeichen für die löslichen ſchwefelſauren Salze beſteht indeß jedenfalls darin, daß ſie bei einem Zuſatz von löslichen Barytſalzen einen weißen Niederſchlag von ſchwefelſaurem Baryt geben, der ſich in Säuren nicht auflöſt.

Eine wenn auch nicht ſehr verbreitete, doch immerhin wichtige Gruppe von Salzen bilden die phosphorſauren. Nur die phosphorſauren Alkaliſalze ſind im Waſſer löslich; aber auch die übrigen unlöslichen Salze, die allerdings von Säuren ſehr leicht gelöſt werden, ohne indeß dabei beſondere Eigenthümlichkeiten zu verrathen, laſſen ſich durch Kochen mit einer Auflöſung von kohlenſaurem Natron leicht in lösliches phosphorſaures Natron überführen. Die Löſungen phosphorſaurer Salze geben aber ſehr beſtimmte Kennzeichen. Ein Zuſatz von Kalkſalzen erzeugt einen Niederſchlag, der aber durch einige Tropfen Salpeterſäure oder Eſſigſäure ſchnell zum Verſchwinden gebracht wird. Phosphorſaures Natron, mit Salzſäure überſättigt, zeigt bei einem Zuſatz von Chlorkalium keinen Niederſchlag; dieſer erfolgt aber ſofort, wenn man die Säure mit Ammoniak neutraliſirt. Noch ſicherer iſt der weiße Niederſchlag, den neutrale Löſungen phosphorſaurer

Digitized by Google

Alkalien mit Bleisalzen erzeugen, oder der eigelbe Niederschlag, den eine Silberlösung darin hervorbringt, welcher letztere sich noch dadurch auszeichnet, daß er in Salpetersäure und Ammoniak leicht löslich ist. Endlich gibt es aber noch ein Mittel, durch welches sich selbst die geringsten Spuren von Phosphorsäure nachweisen lassen. Es besteht in einer Lösung von molybdänsaurem Ammoniak, die man mit überschüssiger Salpetersäure versetzt. Bringt man hierzu einige Tropfen einer Lösung eines phosphorsauren Salzes in Salpetersäure, so entsteht namentlich beim Erwärmen ein höchst charakteristischer gelber Niederschlag. Auch in der Hitze verrathen alle phosphorsauren Salze auf das deutlichste die Natur ihrer Säure. Mit einer Mischung von Kohle und Borsäure oder Kieselsäure erhitzt, lassen sie Phosphor frei werden. Mit Kalium erhitzt, bilden sie Phosphorkalium, welches in Berührung mit Wasser den unverkennbaren Phosphorwasserstoff entwickelt.

Zu den interessantesten und wichtigsten Salzen gehören unzweifelhaft die arsensauren. Von ihrer Erkennung hängt oft die Entscheidung über Schuld oder Unschuld, Leben oder Tod eines Menschen ab. Wenngleich nur die arsensauren Alkalisalze ohne Weiteres im Wasser löslich sind, so lassen sich doch auch alle übrigen durch Zusatz von Säuren sehr leicht auflösen. Solche Lösungen geben nun allerdings mit salpetersaurem Silberoxyd einen eigenthümlichen braunrothen Niederschlag, der aber nur in neutralen Lösungen ent-

Digitized by Google

ſteht, da er ſich in Säuren leicht auflöſt. Auch geben die angeſäuerten Löſungen mit Schwefelwaſſerſtoff einen gelben Niederſchlag, der aber oft erſt nach längerer Zeit erſcheint. Untrügliche Kennzeichen ſind das alſo in wichtigen Fällen nicht. Solche ergeben ſich für die Löſungen eines arſenſauren Salzes erſt, wenn man ſie in einen Apparat bringt, in welchem aus Schwefelſäure und Zink Schwefelwaſſerſtoff bereitet wird. Sie entwickeln dann ein Gemenge von Arſenwaſſerſtoff mit Waſſerſtoff. Leitet man nun dies Gemenge durch eine bis zum Rothglühen erhitzte Glasröhre, ſo wird der Arſenwaſſerſtoff durch die Hitze zerſetzt, und das Arſen ſcheidet ſich als ſpiegelnder Ring an den kälteren Theilen der Röhre ab. Entzündet man vollends das Gasgemenge bei ſeinem Austritt aus der zu einer feinen Spitze ausgezogenen Glasröhre, ſo zeigt ſich eine bläulichweiße Flamme, aus welcher weiße Nebel von arſeniger Säure aufſteigen, die auf einer in die Flamme gehaltenen kalten Porzellanſchale ſchwarze, metallglänzende Flecken abſetzt. Dieſe Reaction, welche durch Anwendung des bekannten Marſh'ſchen Apparats erzielt wird, iſt ſo außerordentlich charakteriſtiſch, daß ſie auch die geringſten Spuren eines arſenſauren Salzes entdecken läßt, wie ſie noch in dem Mageninhalt vergifteter Perſonen vorkommen können. Sie erſtreckt ſich aber auch auf die arſenigſauren Salze, die ebenfalls in dieſem Apparate Arſenflecken geben, andrerſeits aber auch durch Erhitzen mit Sal-

Digitized by Google

peterſäure ſehr leicht in arſenſaure Salze übergeführt werden können.

Die größte Verbreitung unter allen Salzen zeigen die kohlenſauren und kieſelſauren; nur die eigentlichen oder ſchweren Metalle zeichnen ſich meiſt durch eine gewiſſe Abneigung, kohlenſaure oder kieſelſaure Verbindungen einzugehen, aus. Unter den kohlenſauren Salzen ſind nur die der Alkalien leicht löslich, und dieſe ſind es auch, welche durch die Hitze nicht zerſetzt werden, außer wenn man ſie, mit Kohle gemengt, erhitzt. Die unlöslichen kohlenſauren Salze dagegen verlieren ihre Kohlenſäure leicht in hoher Temperatur, und ſelbſt dieſe Kohlenſäure wird, wenn man Phosphordämpfe über glühende kohlenſaure Alkalien leitet, unter Abſcheidung von Kohle, welche die zurückbleibende Maſſe ſchwarz färbt, vollſtändig zerſetzt. Das ſicherſte Kennzeichen für alle kohlenſauren Salze beſteht aber in ihrem Aufbrauſen, wenn ſie mit Säuren übergoſſen werden, da die Kohlenſäure faſt von allen Säuren mit Leichtigkeit verdrängt wird und dann in Gasform ſich gewaltſam frei macht.

Die kieſelſauren Salze zeichnen ſich durch ihre Unlöslichkeit im Waſſer aus; nur einige Alkaliſalze, welche einen großen Ueberſchuß von Alkali enthalten, ſind löslich. Auch widerſtehen einzelne unter ihnen ſelbſt der Einwirkung der concentrirteſten Säuren, während andere allerdings beim Erhitzen mit ſtarken Säuren die Kieſelſäure in Geſtalt einer durchſichtigen,

Digitized by Google

farblosen Gallerte abscheiden, die sich beim Trocknen in ein unlösliches weißes Pulver verwandelt. Auch die hartnäckigsten kieselsauren Salze lassen sich zum Glück durch Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Natron in Salze überführen, welche der Einwirkung von Säuren zugänglich sind und durch die Abscheidung von Kieselsäure kenntlich werden. Ein sicheres Erkennungsmittel für alle kieselsauren Salze ergibt die Erhitzung derselben mit Schwefelsäure und Flußspath, die aber nur in einem Blei- oder Platingefäß vorgenommen werden darf, da die dabei entstehende Fluorwasserstoffsäure Glas und Porzellan zerstören würde. Es entweicht dann Fluorkieselgas, das dadurch unverkennbar ist, daß es an der Luft stark raucht und in Berührung mit Wasser gallertartige Kieselsäure abscheidet.

So sind wir im Stande, alle irgend vorkommenden Säuren durch zweifellose Kennzeichen in den Salzen zu entdecken, und wir werden sehen, daß der Chemiker auch hinreichend sichere Mittel gefunden hat, um sich von der Natur der in den Salzen verborgenen Metalle Kenntniß zu verschaffen.

---

4. Die Erkennung der in Salzen verschlossenen Metalle.

Die wenigsten Metalle drücken ihren Salzen schon äußerlich ein gewisses Gepräge auf, wie etwa das Kupfer durch die grüne oder blaue Färbung seiner

Digitized by Google

Salze oder das Silber durch die Empfindlichkeit der seinigen gegen das Licht. Die meisten Salze sind durch das bloße Ansehen nicht erkennbar, namentlich nicht in verdünnten Lösungen. Die Kenntniß der metallischen Grundlage in den Salzen kann sich der Chemiker also nur durch Beobachtung ihres Verhaltens gegen gewisse bekannte Säuren, Basen oder Salze verschaffen, die man wegen der entscheidenden Kennzeichen, die sie liefern, Reagentien nennt. In einzelnen Fällen wird schon die Kenntniß der in einem Salze enthaltenen Säure auf das Metalloxyd schließen lassen. So wird ein unlösliches Salz, in welchem Schwefelsäure nachgewiesen ist, auf Baryt, Blei, höchstens Kalk hindeuten, ein lösliches Salz, welches Kohlensäure enthält, dagegen sicher auf Alkalien schließen lassen. Gewöhnlich ist indeß eine sorgfältigere Untersuchung nöthig.

Wir haben bereits die Metalle in zwei große Gruppen geschieden, in die leichten Metalle, die wegen ihrer großen Verwandtschaft zum Sauerstoff in metallischem Zustand meist keine Anwendung finden, und in die schweren oder eigentlichen Metalle. Diese Eintheilung wird sich auch hier im Verhalten gegen die Reagentien bewähren. Wir können aber die leichten Metalle abermals in drei Gruppen sondern, in die der Alkalimetalle, deren Oxyde die stärksten Basen sind und sowohl für sich als in Verbindung mit Kohlensäure sich leicht im Wasser lösen; in die der alka-

Digitized by Google

lischen Erdmetalle, deren Oxyde gleichfalls starke Basen und in Wasser löslich, deren kohlensaure Salze aber in Wasser unlöslich sind; endlich in die der Erdmetalle, deren Oxyde schwächere Basen und in Wasser unlöslich sind.

Die Alkalisalze, zu denen hauptsächlich die Kali-, Natron- und Ammoniaksalze zählen, haben das gemeinsame Unterscheidungszeichen vor allen andern Salzen, daß kohlensaure Alkalien in ihren Lösungen keinen Niederschlag hervorrufen. Für die Trennung der einzelnen Alkalien aber sind Weinsäure und Platinchlorid die wichtigsten Reagentien. Die Weinsäure bildet nämlich in Kalisalzlösungen einen krystallinischen Absatz von doppeltweinsaurem Kali, die sehr schwer in Wasser löslich ist, während sie weder in Natron- noch Ammoniaksalzen eine Spur eines Niederschlags zeigt. Das Platinchlorid bildet in Kalisalzen einen gelben krystallinischen Niederschlag, der aus einem Doppelsalz von Chlorkalium und Chlorplatin besteht und namentlich deutlich hervortritt bei einem Zusatz von Alkohol. In Natronsalzen entsteht kein solcher Niederschlag, da das gebildete Doppelsalz sehr leicht löslich ist. In Ammoniaksalzen erzeugt sich allerdings ein ähnlicher, gelber, krystallinischer Niederschlag, der aber nach einem Zusatz von Kalkhydrat das schon am Geruch erkennbare Ammoniakgas entwickelt, aber noch kenntlicher dadurch wird, daß er beim Glühen unter Entwicklung dicker Nebel von Salmiak metallisches

Digitized by Google

Platin zurückläßt, während der aus Kalisalzen erhaltene Niederschlag beim Glühen ein Gemenge von metallischem Platin und Chlorkalium zurückläßt, das erst durch einen Zusatz von Wasser getrennt wird.

Es gibt außerdem noch einige besondere Unterscheidungszeichen für die einzelnen Alkalien. So besitzen die Kalisalze die Eigenthümlichkeit, mit schwefelsaurer Thonerde ein leicht krystallisirendes Doppelsalz, den bekannten Alaun, zu bilden, dessen octaëdrische Krystalle noch das Mikroskop nachzuweisen vermag. Sie zeichnen sich ferner durch den durchsichtigen, gallertartigen Niederschlag aus, den sie mit einer Lösung von Kieselfluorwasserstoffsäure geben. Für die Natronsalze dagegen ist der weiße Niederschlag charakteristisch, den eine Lösung von metantimonsaurem Kali darin hervorruft. Die Ammoniaksalze aber geben sich hauptsächlich dadurch zu erkennen, daß sie beim Erhitzen mit Kalihydrat Ammoniakgas entwickeln, dessen Gegenwart schon dem Geruch nicht leicht entgeht, das aber selbst in den kleinsten Mengen durch die dicken, weißen Salmiaknebel verrathen wird, die das Eintauchen eines mit Salzsäure befeuchteten Glasstabes erzeugt. Endlich ist noch die violette Färbung, welche die Kalisalze, und die gelbe Färbung, welche die Natronsalze der Weingeistflamme ertheilen, für beide charakteristisch, nur daß bei einer Mischung die intensive färbende Kraft des Natrons die des Kalis leicht unterdrückt.

Digitized by Google

Unter den Salzen der alkaliſchen Erden beſitzen die Baryt-, Strontian- und Kalkſalze das Gemeinſame, daß ſie mit kohlenſauren Alkalien einen unlöslichen Niederſchlag geben, während Ammoniak keinen Niederſchlag in ihren Löſungen erzeugt. Nur die Magneſiaſalze zeichnen ſich theils durch den eigenthümlichen, weißen, gallertartigen Niederſchlag, den ſie mit kohlenſauren Alkalien geben, theils durch den weißen Niederſchlag aus, den wäſſeriges Ammoniakſalz darin hervorruft. Nur darf, wenn letzterer eintreten ſoll, weder bereits ein Ammoniakſalz, noch eine überſchüſſige Säure in der Löſung vorhanden ſein, weil in beiden Fällen, einmal durch das bereits vorhandene, das andere Mal durch das mit der Säure erſt gebildete Ammoniakſalz mit dem Magneſiaſalze ein durch Ammoniak nicht zerſetzbares Doppelſalz gebildet werden würde. Das wichtigſte Reagens oder Erkennungsmittel für die Salze der alkaliſchen Erden iſt die Schwefelſäure. In Barytſalzlöſungen erzeugt ſie den ſchon oft erwähnten weißen, in Waſſer, wie in verdünnter Salz- oder Salpeterſäure unlöslichen Niederſchlag. Ganz denſelben Niederſchlag zeigen allerdings auch die Strontian- und Bleiſalze. Aber die letzteren laſſen ſich von den Barytſalzen augenblicklich dadurch unterſcheiden, daß ſie von Schwefelwaſſerſtoff geſchwärzt werden, während die Barytſalze farblos bleiben. Für Baryt- und Strontianſalze aber dient das Verhalten zum chromſauren Kali und zur Kieſelfluorwaſſerſtoffſäure zur Unterſchei-

dung. Beide bringen in den Lösungen von Strontiansalzen niemals eine Fällung hervor, während das chromsaure Kali mit Barytsalzen einen gelben, die Kieselfluorwasserstoffsäure einen weißen krystallinischen Niederschlag gibt. Kalksalze geben, wenn ihre Lösungen hinreichend verdünnt sind, mit Schwefelsäure keinen Niederschlag. In concentrirten Lösungen entsteht ein solcher allerdings, aber er unterscheidet sich von den in Baryt- und Strontiansalzen erhaltenen dadurch, daß er sehr bald deutlich die Form kleiner krystallinischer Blättchen annimmt. Das sicherste Reagens für Kalksalze ist aber jedenfalls in der Oxalsäure und ihren Salzen gegeben. Oxalsäure erzeugt in allen Kalksalzlösungen einen körnigen, in Wasser fast unlöslichen und selbst in überschüssiger Säure sich schwer lösenden weißen Niederschlag. Dieser Niederschlag ist um so entscheidender, als er auch dann noch eintritt, wenn die Kalklösung vorher mit Schwefelsäure versetzt und mit Ammoniak neutralisirt wurde. Für die Magnesiasalze besteht noch ein Erkennungsmittel darin, daß sie weder von Schwefelsäure noch Oxalsäure gefällt werden, wohl aber mit Kalkwasser einen Niederschlag geben. Auch die Färbung der Weingeistflamme ist für einige der alkalischen Erdsalze charakteristisch. Alle löslichen Barytsalze färben die Flamme gelblichgrün, alle Strontiansalze purpurroth, die Kalksalze endlich gelbroth.

Unter den Salzen der Erdmetalle verdienen hier allein die der bekannten Thon- oder Alaunerde, des

Digitized by Google

Oxyds des jetzt so berühmt gewordenen Aluminiums, Beachtung. Sie unterscheiden sich von den Salzen der Alkalien und alkalischen Erden sehr leicht dadurch, daß ihre Lösungen durch Ammoniak gefällt werden und zwar zum Unterschied von den Magnesiasalzen auch dann, wenn sie vorher mit Salmiak versetzt wurden. Ein weiteres Unterscheidungszeichen ist ihre Fällung durch Kali- oder Natronlauge, da der gebildete Niederschlag sich hier sogleich in einem Ueberschuß der Alkalien wieder auflöst. Ebenso ist die schon erwähnte Abscheidung von Alaunkrystallen bei einem Zusatz von schwefelsaurem Kali charakteristisch, die besonders deutlich erfolgt, wenn man die ursprünglich erwärmte Lösung langsam erkalten läßt. Endlich ergibt sich ein sehr bestimmtes Erkennungszeichen in der blauen Färbung, welche alle Thonerdesalze nach Befeuchten mit etwas salpetersaurem Kobaltoxydul vor dem Löthrohr annehmen.

Wir kommen nun zu den eigentlichen oder schweren Metallen, unter denen wir, da man ihrer bekanntlich 28 zu zählen pflegt, uns auf die wichtigsten und verbreitetsten beschränken müssen. Hier treten uns nun zwei überaus wichtige Reagentien entgegen, die auf keines der bisher erwähnten Salze eine Wirkung zeigen: Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium. Zunächst begegnen wir einer Gruppe von Metallen, deren Salzlösungen, sobald sie etwas freie Säure enthalten, von Schwefelwasserstoff nicht gefällt werden, wohl aber mit

Digitized by Google

Schwefelammonium einen unlöslichen Niederschlag von Schwefelmetallen (Oxydhydraten bei den Chromoxydsalzen) bilden. Wir heben aus dieser Gruppe nur die drei wichtigsten Metalle hervor: Mangan, Eisen und Zink, wiewohl andere hierher gehörige, wie Nickel, Kobalt und Chrom, in mancher Beziehung der Beachtung wohl werth wären. Aeußerlich wird man die Salze dieser Metalle schwerlich erkennen; denn wenn auch die Lösungen der Eisenoxydsalze meist gelb oder braun gefärbt sind, wenn auch die krystallisirten Eisenoxydulsalze vorzugsweise eine grünliche, die krystallisirten Manganoxydulsalze oft eine rosenrothe Färbung zeigen, so ist doch die Farblosigkeit ihr eigentlicher Charakter. Nur das chemische Verhalten scheidet sie. Das Verhalten gegen den Schwefelwasserstoff scheidet sie von allen übrigen Schwermetallen, das Verhalten gegen Schwefelammonium von allen Leichtmetallen, aber durch die Färbung des Niederschlags auch unter einander. Bei allen Eisensalzen ist dieser Niederschlag schwarz, bei den Mangansalzen fleischroth und zum Unterschiede von den aus Kobalt- oder Nickelsalzen erhaltenen in Essigsäure löslich, bei den Zinksalzen endlich ist der Niederschlag weiß. Auch das Verhalten gegen Alkalien gibt gewisse Kennzeichen. Kali bringt in Eisenoxydulsalzen einen weißen Niederschlag hervor, der bald grün, endlich rostfarbig wird, wie er in Eisenoxydsalzen sofort entsteht. In Manganoxydulsalzen wird zwar auch durch Kali ein anfangs weißer, etwas flockiger Nieder-

Digitized by Google

ſchlag erzeugt, der ſich aber ſofort braun färbt, ohne zuvor in's Grüne überzugehen. Zinkſalze bilden mit Kali einen weißen, voluminöſen Niederſchlag, der ſich im Ueberſchuß löſt. Die wichtigſten Reagentien für alle Eiſenſalze namentlich ſind aber das bekannte Blutlaugenſalz und der Gerbſtoff. Gelbes Blutlaugenſalz oder Ferrocyankalium bringt nämlich in Eiſenoxydſalzen jenen ſchönen dunkelblauen Niederſchlag hervor, der als Berliner Blau bekannt iſt. In Eiſenoxydulſalzen erzeugt das rothe Blutlaugenſalz oder Ferridcyankalium denſelben blauen Niederſchlag, während er bei Anwendung des gelben Salzes anfangs weiß erſcheint und ſich erſt allmälig an der Luft blau färbt. Die Manganoxydulſalze dagegen werden vom gelben Blutlaugenſalz weiß, vom rothen braun gefällt, die Zinkſalze ſtets weiß. Ebenſo entſcheidend für die Eiſenſalze iſt eine Gerbſtofflöſung, ein Galläpfelaufguß etwa, da ſie in Eiſenoxydulſalzen zwar keinen Niederſchlag erzeugt, aber die Löſung ſchwarz färbt, mit Eiſenoxydſalzen dagegen jenen bekannten ſchwarzen Niederſchlag bildet, welcher der Hauptbeſtandtheil unſrer Tinte iſt. Auch das Verhalten vor dem Löthrohr gibt charakteriſtiſche Kennzeichen für dieſe Metalle. So geben alle Eiſenſalze mit Borax in der Oxydationsflamme ein braunrothes oder gelbrothes Glas, in der Reductionsflamme ein lichtgrünes, beim Erkalten faſt farbloſes Glas. Die Manganſalze färben das Boraxglas in der Oxydationsflamme amethyſtroth, während

die Zinksalze mit Soda auf Kohle einen nicht zu verflüchtigenden Beschlag liefern, der in der Hitze gelb, nach dem Erkalten weiß erscheint. Für die erwähnten, minder bekannten Metalle dieser Gruppe, Chrom, Kobalt und Nickel, gibt es ebenso bestimmte Kennzeichen. So zeichnen sich die chromsauren Salze schon durch die schöne gelbe Farbe ihrer Lösungen, wie durch die ebenso schönen gelben und rothen Niederschläge aus, die sie mit Baryt-, Blei-, Silber- und Queckſilbersalzen liefern. Die Chromoxydsalze lassen sich aber theils durch Zusammenschmelzen mit Soda und Salpeter in chromsaure Salze überführen, theils sind sie durch die graugrünen Niederschläge von Hydrat kenntlich, die Alkalien wie Schwefelammonium in ihren Lösungen bewirken. Die Kobaltsalze sind kenntlich an ihrem blauen Niederschlage mit Alkalien, ihrer rosenrothen Fällung durch Oxalsäure und dem schönen blauen Glase, das sie mit Borax vor dem Löthrohr liefern. Die Nickelsalze endlich verrathen sich durch den apfelgrünen Niederschlag mit Kali, die grüne Fällung durch Cyankalium, welches Kobaltsalze gar nicht fällt, und durch das hyacinthfarbige, in der Kälte blaßgelb erscheinende Glas, das sie mit Borax vor dem Löthrohr liefern.

Eine zweite wichtige Gruppe von Metallen wird durch diejenigen gebildet, in deren sauren Salzlösungen der Schwefelwasserstoff einen Niederschlag bewirkt und zwar einen in Schwefelammonium unlöslichen, und de-

ren Oxyde zugleich entschieden den Charakter von Basen zeigen. Es gehören hierher vorzugsweise Kupfer, Quecksilber, Blei, Silber und Wismuth. Auch die Salze dieser Metalle sind äußerlich nicht leicht kenntlich, da sie meist farblos, und nur die Kupfersalze in wasserhaltigem Zustande oder in ihren Lösungen grün oder blau gefärbt sind. Dafür kommt ihrer Erkennung der Umstand zu Statten, daß die Metalle der vorher besprochenen Gruppe, namentlich Eisen und Zink, sie aus ihren Lösungen metallisch abscheiden; für Quecksilberlösungen leistet wenigstens das Kupfer diesen Dienst. Ebenso ist für sie charakteristisch, daß sie vor dem Löthrohr auf Kohle, namentlich bei einem Zusatz von Soda, leicht reducirt werden. Das Wismuth bildet dabei zugleich einen sehr kenntlichen citronengelben Beschlag auf der Kohle, während das Kupfer überdies ein bläulichgrünes Boraxglas gibt, das sich in der Reductionsflamme braunroth färbt. Die Quecksilbersalze endlich, die sämmtlich in der Hitze flüchtig sind, geben, in einer Glasröhre mit Soda erhitzt, kleine Metallkügelchen, die sich an den kälteren Theilen absetzen. Für die Lösungen aller dieser Metallsalze bieten Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium nur ein gemeinsames Kennzeichen durch den schwarzen, in jedem Ueberschuß unlöslichen Niederschlag, den sie erzeugen; die Quecksilberoxydsalze allein werden bei einem geringen Zusatz von Schwefelwasserstoff weiß gefällt; bei einem vermehrten Zusatz geht aber auch hier

Digitized by Google

die Farbe durch Gelb und Braun zuletzt in Schwarz über. Entscheidender für die einzelnen Metalle sind schon die Alkalien. Kali bringt in Kupfersalzen einen graublauen Niederschlag hervor, der beim Kochen fast schwarz wird, bei Gegenwart von Weinsäure oder Zucker aber sich mit tiefblauer Färbung auflöst. Ammoniak gibt mit Kupfersalzen einen grünlichen Niederschlag, der sich in einem Ueberschuß von Ammoniak ebenfalls mit tiefblauer Farbe auflöst. Das Quecksilber verhält sich ganz anders. In seinen Oxydulsalzen erzeugen Kali und Ammoniak sofort einen schwarzen, im Ueberschuß unlöslichen Niederschlag, der aber beim Erwärmen metallische Kügelchen bildet und, auf Kupfer gerieben, dieses weiß färbt. Die Oxydsalze des Queckſilbers werden von Kali gelb, von Ammoniak weiß gefällt. Bleisalze geben mit Kali einen weißen Niederschlag, der sich überdies in einem Ueberschuß von Kali leicht löst, während der durch kohlensaure Alkalien erzeugte Niederschlag völlig unlöslich bleibt. Silbersalze geben mit Kali einen braunen, im Ueberschuß unlöslichen, mit Ammoniak, außer bei Gegenwart freier Säuren, einen braunen, sich im Ueberschuß wieder auflösenden Niederschlag. Wismuthsalze endlich werden von Alkalien weiß gefällt. Aber es gibt noch charakteristischere Reagentien für die Salze dieser Metalle. Für die Kupfersalze ist es das gelbe Blutlaugensalz, das einen braunrothen Niederschlag in seinen Lösungen hervorruft und zwar in einer so ent-

Digitized by Google

ſchiedenen Weiſe, daß noch die verdünnteſten Löſungen davon purpurroth gefärbt, alſo noch die geringſten Spuren von Kupfer nachgewieſen werden. In den Salzen der übrigen Metalle dieſer Gruppe bringt das gelbe Blutlaugenſalz nur einen weißen Niederſchlag hervor. Für die Queckſilberſalze bilden die Chlorwaſſerſtoffſäure und die löslichen Chlormetalle das entſcheidende Reagens. Sie ſcheiden zugleich die Oxydulſalze des Queckſilbers von ſeinen Oxydſalzen, indem ſie in den letzteren keine Fällung veranlaſſen, in den erſteren dagegen einen weißen, in Waſſer und verdünnten Säuren völlig unlöslichen Niederſchlag bilden. Auch in Bleiſalzen entſteht allerdings durch Chlorwaſſerſtoffſäure ein weißer Niederſchlag, der aber durch die Form kleiner kryſtalliniſcher Blättchen ſehr kenntlich iſt. Für die Silberſalze dagegen iſt der durch Chlorwaſſerſtoffſäure oder Chlormetalle gebildete Niederſchlag ebenſo charakteriſtiſch, wie der entſprechende für die Queckſilberſalze. Er zeichnet ſich theils durch ſein käſeartiges Gerinnen beim Schütteln, theils durch ſeine Löslichkeit in Ammoniak, theils durch ſeine Empfindlichkeit gegen das Licht, das ihn ſehr ſchnell ſchwarz färbt, aus. Für die Queckſilberoxydſalze iſt ferner das Jodkalium charakteriſtiſch durch den ſchönen rothen, im Ueberſchuß leicht löslichen Niederſchlag, den es erzeugt, während es in Bleiſalzen nur goldgelbe Blättchen, in Silberſalzen eine gelblich weiße Fällung bildet. Die Bleiſalze erhalten ein wichtiges Kennzeichen

Digitized by Google

durch den unlöslichen, weißen Niederschlag, den Schwefelsäure und schwefelsaure Salze darin erzeugen, und der mit dem ähnlichen Niederschlag in Barytsalzen schon darum nicht verwechselt werden kann, weil er von Schwefelwasserstoff geschwärzt wird. Die Wismuthsalze lassen sich endlich durch den eigenthümlichen Umstand leicht erkennen, daß ihre Lösungen bei einer Verdünnung mit Wasser getrübt werden, weil sich basische, unlösliche Salze abscheiden.

Wir kommen nun zur letzten Gruppe der Metalle, in deren Salzlösungen Schwefelwasserstoff einen in Schwefelammonium löslichen Niederschlag hervorbringt, und deren Oxyde zugleich den Charakter von Säuren haben. Es gehören dahin, außer einer großen Zahl minder bekannter Metalle, Zinn, Antimon, Gold und Platin. Alle diese Metalle werden vor dem Löthrohr sehr leicht aus ihren Verbindungen reducirt. Besonders leicht zerfallen Platinsalze in der Hitze, indem sie metallisches Platin zurücklassen. Ebenso werden diese Metalle aus ihren Salzlösungen durch Eisen und Zink abgeschieden, das Zinn in grauen, krystallinischen Blättchen, das Antimon als schwarzes, leicht zusammenschmelzendes Pulver, das Platin gleichfalls als schwarzes Pulver. Für das Gold ist das schwefelsaure Eisenoxydul ein wichtiges Reagens, indem es aus seinen Lösungen metallisches Gold abscheidet. Aber die stets sauer reagirenden Lösungen dieser Metallsalze sind auch andrerseits Mittel, andre Metalle zu redu-

Digitized by Google

ciren. So wird das Queckſilber ſehr leicht durch Zinnoxydulſalze aus ſeinen Löſungen in Geſtalt eines grauen Pulvers metalliſch gefällt. Für die Löſungen dieſer Salze gibt ſchon die Färbung des durch Schwefelwaſſerſtoff entſtehenden Niederſchlages eine gewiſſe Entſcheidung. Nur die in Gold- oder Platinlöſungen erhaltenen Niederſchläge ſind ſchwarz; Zinnoxydulſalze dagegen werden von Schwefelwaſſerſtoff braun, Zinnoxydſalze ſchmutzig gelb, Antimonſalze charakteriſtiſch orangefarben gefällt. Alkalien bringen in Zinnſalzen einen weißen, im Ueberſchuß löslichen Niederſchlag hervor, der ſich bei Zinnoxydulſalzen beim Kochen als ſchwarzes Pulver abſcheidet. In Antimonſalzen entſteht durch Kali ein weißer, im Ueberſchuß nicht löslicher, in Goldlöſungen ein gelber, in Platinlöſungen ein brauner Niederſchlag. Ein entſcheidendes Reagens für die Zinnoxydulſalze iſt das Chlorgold durch den purpurfarbenen Niederſchlag, den es in ſehr verdünnten Löſungen deſſelben bewirkt. Ebenſo iſt umgekehrt ein zinnchloridhaltiges Zinnchlorür ein ſicheres Erkennungszeichen für Goldlöſungen, indem es den ſogenannten Goldpurpur fällt. Für Platinſalze iſt die Eigenſchaft, mit Salmiak oder Chlorkalium kryſtalliniſche Niederſchläge von Doppelſalzen zu bilden, entſcheidend.

So gibt es alſo kein Metall, für das der Chemiker nicht ein Kennzeichen aufzufinden wüßte, durch das ihm ſeine Gegenwart auch unter den entſtellendſten Verhüllungen noch verrathen wird.

Digitized by Google

5. Die Metall-Analyse.

An Kennzeichen für die Metalle fehlt es, wie wir gesehen haben, dem Chemiker nicht. Aber die Anwendung dieser Kennzeichen zum Erkennen der Metalle hat noch ihre Schwierigkeiten. Diese sind schon bedingt durch die große Zahl der Metalle, auf welche die Untersuchung gerichtet sein muß. Wir wissen ja, daß der Chemiker 48 Metalle aufzählt, und wenn darunter auch 12 nur in äußerst seltnen Natur- oder Kunstprodukten vorkommen, wenn auch 16 bis 18 andere gleichfalls vorzugsweise nur dem Chemiker und Mineralogen entgegentreten, im Allgemeinen aber aus den Vorkommnissen des täglichen und gewerblichen Lebens ausgeschlossen bleiben, so sind es doch noch immer 18 bis 20 Metalle, deren Gegenwart in jedem unorganischen Stoffe, so lange dieser noch völlig unbekannt ist, vermuthet werden muß. Wollte man also ganz planlos die verschiedenen Reagentien nach einander anwenden, so würde man sich mindestens eine sehr langwierige Arbeit machen. Nur in einzelnen Fällen kann die Wahl der Reagentien schon von vornherein vorgeschrieben sein, wenn nämlich schon irgend eine Andeutung über die Natur des zu untersuchenden Körpers vorhanden ist. Hat man es z. B. mit einem weißen, unlöslichen Pulver zu thun, von dem es nur noch fraglich ist, ob es Quecksilberchlorür oder ein Zink-, Blei- oder Wismuthsalz oder endlich ein Baryt-

Digitized by Google

oder Kalkſalz iſt, ſo genügt ſchon eine bloße Unterſuchung vor dem Löthrohr, um die Entſcheidung herbeizuführen. Verflüchtigt ſich der Körper, ſo war Queckſilberchlorür vorhanden; wird das Pulver beim Erhitzen gelb, ſo iſt auf Zink-, Blei- oder Wismuthoxyd hingedeutet, und zwar auf Zinkoxyd allein, wenn die gelbe Farbe nach dem Erkalten wieder verſchwindet; bleibt ein unſchmelzbarer Rückſtand, ſo muß man auf Baryt u. ſ. w. ſchließen. Ein anderer Fall dieſer Art wäre, wenn man es mit einer Flüſſigkeit zu thun hätte, die durch Verdünnung mit viel Waſſer milchig getrübt würde. Man hätte dann ſofort auf Antimon, Wismuth oder Zinn zu ſchließen, und zwar auf Antimon, wenn dieſe Trübung durch Zuſatz von Weinſäure verſchwände, auf Wismuth, wenn ſie erſt von Eſſigſäure gelöſt würde. Es gibt daher gewiſſe vorbereitende Prüfungen, welche bisweilen von vornherein zu beſtimmten Vermuthungen über die Natur des unbekannten Stoffes berechtigen. Dazu gehört bei unlöslichen Körpern vorzugsweiſe das Verhalten in der Hitze, namentlich vor dem Löthrohr auf Kohle. Eine Verflüchtigung des Körpers deutet auf Ammoniak-, Queckſilber-, Arſenik- oder Antimonverbindungen, die zum Theil wieder ein eigenthümlicher Geruch oder ein aufſteigender weißer Rauch unterſcheidet. Ein Schmelzen des Körpers, namentlich, wenn er ſich dabei zugleich in die Kohle einzieht, läßt Alkalien vermuthen, für welche die Färbung der Flamme weitere Unter-

Digitized by Google

ſcheidungszeichen liefert. Ein unſchmelzbarer, weißer Rückſtand auf der Kohle zeigt die Anweſenheit von Strontian, Kalk, Magneſia, Zink, Baryt, Thonerde oder Kieſelſäure an. Ein helles Leuchten in der Flamme deutet auf eines der vier erſten Metalle; die Färbung, welche ein Tropfen ſalpeterſaurer Kobaltlöſung in der geglühten Maſſe hervorruft, ſcheidet Alaunerde, Magneſia und Zink. Ein unſchmelzbarer und zugleich gefärbter Rückſtand auf der Kohle, der überdies beim Erhitzen mit Soda kleine Metallkörner liefert, läßt auf Platin, Eiſen, Kobalt oder Nickel rechnen. Bildet ſich endlich neben dem Metallkorn zugleich ein Beſchlag auf der Kohle, ſo läßt dieſer, wenn er weiß iſt, auf Antimon oder Zink ſchließen, die bekanntlich leicht zu unterſcheiden ſind; iſt er aber gelb oder braun, ſo ſind Wismuth, Blei oder Cadmium vorhanden, die durch das weitere Verhalten der Metallkörner ſelbſt unter dem Hammer geſchieden werden können.

So wichtig ſolche vorbereitende Prüfungen oft durch die annähernde Kenntniß werden, welche ſie von der zu unterſuchenden Subſtanz verſchaffen, ſo erfolglos bleiben ſie doch meiſt in den Fällen, wo man es nicht mehr mit einfachen Verbindungen, etwa Salzen oder Metalloxyden, ſondern mit Salzgemiſchen, überhaupt mit mehrfach zuſammengeſetzten Körpern zu thun hat, wo es alſo gilt, alle Beſtandtheile des Gemenges aufzufinden und nachzuweiſen, daß außer den aufgefundenen keine weiteren Stoffe vorhanden ſein können.

Digitized by Google

Es ist leicht einzusehen, daß dies gerade die häufigsten und wichtigsten Fälle sind, und daß sie gerade für das alltägliche Leben von Bedeutung werden, da der Nachweis einer großen Menge von Verfälschungen oder Verunreinigungen darauf beruht. Hier bedarf es nun nothwendig außer der Kenntniß der Reagentien und des Verhaltens der einzelnen Körper zu denselben eines bestimmten methodischen Verfahrens, einer zweckmäßigen Anordnung der Reihenfolge, in welcher die verschiedenen Lösungs- und Fällungsmittel angewandt werden sollen, damit man auf dem kürzesten und sichersten Wege von der Abwesenheit der einen und der Anwesenheit der andern Stoffe überzeugt wird. Eine solche methodisch geregelte Untersuchung ist es nun, die der Chemiker als Analyse bezeichnet.

Es kann mir natürlich nicht einfallen, hier eine eigentliche Anleitung zur praktischen Ausführung einer chemischen Analyse zu geben; ich möchte nur zu einigem Verständniß des Weges verhelfen, auf dem der Chemiker zur Entdeckung der geringsten metallischen Spuren, sei es in Mineralien, in technischen Produkten oder in Lebensmitteln, gelangt. Dazu bedarf es nur einer kurzen Uebersicht über den methodischen Gang einer solchen Analyse. Natürlich gibt es gar viele und verschiedene analytische Methoden, wie es eben in ihrem Ursprunge aus der Erfahrung liegt; ja, jeder erfahrene Chemiker wird sich seine besondere Methode und wohl selbst für jeden einzelnen Fall bil-

Digitized by Google

den. Darin kommen jedoch alle Methoden überein, daß die zu vermuthenden Stoffe zunächst in gewisse Gruppen getheilt und diese Gruppen allmälig in immer engere und engere aufgelöst werden, so daß also die Untersuchung zuletzt nur noch auf wenige einzelne und leicht zu scheidende Körper hinweist. Jene Gruppen, auf die ich bereits wiederholt aufmerksam gemacht habe, erhalten jetzt ihre praktische Bedeutung.

Um ein möglichst einfaches Bild von einer solchen Analyse zu geben, beschränke ich mich auf den einfachsten Fall, in welchem in der Lösung eines unbekannten einfachen Salzes die metallische Basis aufgesucht werden soll, indem ich zugleich alle seltner vorkommenden Metallbasen von der Untersuchung ausschließe. Unsere erste Aufgabe wird sein, ein Reagens zu finden, durch welches eine ganze Gruppe von Metallen von vornherein außer Frage gestellt, die Untersuchung also in engere Grenzen eingeschlossen wird. Als ein solches Reagens haben wir bereits die Salzsäure kennen gelernt. Es gibt ja nur 3 Metalloxyde, in deren Lösungen Salzsäure einen Niederschlag bewirkt, Bleioxyd, Silberoxyd und Queckſilberoxydul. Erfolgte also durch einige Tropfen Salzsäure in der unbekannten Lösung ein Niederschlag, so hat man die Untersuchung nur noch auf die 3 fraglichen Stoffe zu beschränken, die sich bekanntlich leicht scheiden lassen. Verschwindet der Niederschlag bei einer Verdünnung mit Wasser, so war Bleioxyd zugegen; bleibt der Nie-

Digitized by Google

derſchlag ungelöſt, verſchwindet er aber bei einem Zuſatz von Ammoniak, ſo iſt auf Silberoxyd zu ſchließen; färbt ſich der Niederſchlag endlich durch Ammoniak ſchwarz, ſo iſt Queckſilberoxydul vorhanden.

Wenn freilich, wie in den meiſten Fällen, durch Salzſäure in jener Löſung keine Fällung bewirkt wird, ſo bleibt für die Vermuthung noch eine große Reihe von Baſen offen. Es muß alſo ein anderes Reagens gefunden werden, das abermals eine Sonderung von Gruppen ermöglicht, und ein ſolches iſt der uns gleichfalls ſchon in dieſer Beziehung bekannt gewordene Schwefelwaſſerſtoff. Ein Niederſchlag, der durch dieſes Gas in der durch Salzſäure geſäuerten Löſung erfolgt, läßt uns wiederum nur auf eine beſchränkte Gruppe von Metalloxyden ſchließen, auf Antimon-, Arſen-, Zinn-, Gold-, Platin-, Queckſilberoxyd-, Kupfer-, Wismuth- oder endlich Bleioxyd, da dieſes letztere wenigſtens in verdünnten Löſungen von Salzſäure nicht nachgewieſen wird. Die Farbe dieſes Niederſchlages wird dann einen weiteren Anhalt für die Vermuthungen gewähren. Iſt der Niederſchlag gelb, ſo hat man es mit Zinn oder Arſen zu thun. Um zwiſchen beiden zu entſcheiden, verſetzt man die urſprüngliche Löſung mit Ammoniak. Erfolgt ein weißer Niederſchlag, ſo iſt Zinnoxyd vorhanden; entſteht kein Niederſchlag, ſo rührte jene gelbe Fällung von Arſen her. War der durch Schwefelwaſſerſtoff bewirkte Niederſchlag orange gefärbt, ſo kann man ſicher auf Antimon ſchließen; war er

braun, so hat man Zinnoxydul vor sich. Ein schwarzer Niederschlag endlich kann nur von Blei, Kupfer, Wismuth, Gold, Platin oder Queckſilberoxyd herrühren. Zwiſchen dieſen aber entſcheiden einfache Prüfungen, die man mit der urſprünglichen Löſung vornimmt. Geben einige Tropfen verdünnter Schwefelſäure darin einen weißen Niederſchlag, ſo iſt Blei vorhanden; erzeugt Ammoniak einen im Ueberſchuß ſich löſenden blauen Niederſchlag, ſo hat man Kupfer vor ſich; bewirkt Kali einen gelben Niederſchlag, ſo muß man auf Queckſilberoxyd ſchließen. Entſteht bei Zuſatz einer Eiſenvitriollöſung ein feiner, ſchwarzer, metalliſcher Niederſchlag, ſo iſt Gold zugegen; wird durch Chlorkalium ein gelber kryſtalliniſcher Niederſchlag hervorgerufen, ſo iſt auf Platin zu ſchließen. Die Anweſenheit von Wismuth endlich wird durch die milchige Trübung angezeigt, welche bei einer Verdünnung der zuvor ſtark eingedampften Löſung mit vielem Waſſer erfolgt.

Die Unterſuchung wäre damit für den Fall zum Ziele gekommen, daß Schwefelwaſſerſtoff eine Fällung bewirkt hätte, die unbekannte Baſis alſo der bezeichneten engeren Gruppe von Metallen angehörte. Ward eine ſolche Fällung aber nicht bewirkt, oder beſtand dieſe doch nur aus leicht erkennbarem, pulverförmigem Schwefel, ſo bewegt ſich die Vermuthung noch immer zwiſchen ziemlich weiten Grenzen. Eine Verengerung dieſer Grenzen führt das Schwefelammonium herbei,

Digitized by Google

das man zu der zuvor durch Salmiak und Ammoniak alkalisch gemachten ursprünglichen Lösung zusetzt. Wir wissen ja bereits, daß ein Niederschlag in diesem Falle sofort die Anwesenheit von Alkalien und alkalischen Erden ausschließt. Wir haben es also nur noch mit Thonerde oder einem Metalle jener eigenthümlichen Gruppe, die von Eisen, Mangan, Zink u. s. w. gebildet wird, zu thun. War der Niederschlag schwarz, so ist auf Eisenoxydul, Nickel oder Kobalt zu schließen, und zwischen diesen entscheidet das Verhalten der ursprünglichen Lösung zu kaustischem Kali. Ein schmutzig weißer, an der Luft sich bald rothbraun färbender Niederschlag deutet auf Eisenoxydul, ein hellgrüner, unveränderlicher auf Nickel, ein himmelblauer, beim Kochen dunkelnder auf Kobalt. Eine fleischrothe Färbung des von Schwefelammonium erzeugten Niederschlags würde Manganoxydul, eine bläulichgrüne Färbung Chromoxyd erkennen lassen. Ein weißer Niederschlag endlich würde nur noch die Vermuthung für Thonerde oder Zink frei lassen. In beiden Fällen würde Kali im Ueberschuß in der ursprünglichen Lösung keinen Niederschlag bewirkt haben; in der kalihaltigen Lösung dagegen würde durch Schwefelwasserstoff ein weißer Niederschlag entstehen, wenn Zink zugegen ist, und ein eben solcher durch Salmiak bei Anwesenheit von Thonerde.

Wäre die Untersuchung bis zu diesem Punkte noch zu keinem Ergebniß gelangt, so ist das Feld, auf dem

Digitized by Google

ſie ſich ferner zu bewegen hat, doch nur in äußerſt enge Grenzen eingeſchloſſen. Denn nur Alkalien und alkaliſche Erden ſind es, die von Schwefelammonium unter den erwähnten Umſtänden nicht gefällt werden. Zwiſchen dieſen aber wird nochmals eine Trennung durch kohlenſaures Ammoniak herbeigeführt, das man zu der bereits mit etwas Salmiak und Ammoniak verſetzten urſprünglichen Löſung zufügt. Ein Niederſchlag deutet unzweifelhaft auf die Anweſenheit von Baryt, Strontian oder Kalk hin, die ſelbſt wieder durch das Verhalten zu einer Gypslöſung unterſchieden werden, da ein durch dieſe ſofort bewirkter Niederſchlag auf Baryt, eine erſt allmälig erfolgende Trübung auf Strontian, ein völliges Klarbleiben der Flüſſigkeit auf Kalk ſchließen läßt. Ueber die Anweſenheit von Magneſia oder Alkalien in der urſprünglichen Löſung entſcheidet ein Zuſatz von phosphorſaurem Natron, da dieſer nur in einer Magneſialöſung einen kryſtalliniſchen Niederſchlag bewirkt. Unter den einzelnen Alkalien aber entſcheidet bekanntlich die Flüchtigkeit und der Geruch für Ammoniak, während das Verhalten zur Weinſteinſäure zwiſchen Kali und Natron den Ausſchlag gibt.

Das iſt alſo in gedrängter Ueberſicht der Gang einer chemiſchen Analyſe, für welche allerdings die Vorausſetzung gemacht wurde, daß ihr Gegenſtand nur eine einfache chemiſche Verbindung, eine Salzlöſung ſein ſollte. Es iſt aber leicht einzuſehen, daß dieſer

Digitized by Google

Gang keine wesentliche Veränderung zu erleiden hat, wenn der unbekannte, zu untersuchende Körper ein mehrfach zusammengesetzter ist. Nur wird die Trennung der Gruppen dann strenger ausgeführt werden müssen, und es wird sich nicht mehr blos um einen Nachweis, sondern um eine vollständige Fällung der einzelnen Stoffe handeln, so daß nach Auffindung eines Stoffes dieser stets erst gänzlich aus der Lösung entfernt werden muß, ehe mit der letzteren die Untersuchung auf andere Stoffe fortgesetzt werden darf. Es versteht sich ferner von selbst, daß der Chemiker sich niemals mit dem einfachen Nachweis, wie er im Gange der geschilderten Analyse für das Vorhandensein eines Stoffes sich ergibt, begnügen darf; stets hat er noch eine bestätigende Prüfung bei der Hand, die meist in dem eigenthümlichen Verhalten des Körpers vor dem Löthrohr, bisweilen aber auch in den charakteristischen Reactionen besteht, die z. B. das gelbe Blutlaugensalz für Eisen und Kupfer, das Zinnsalz für Gold, das chromsaure Kali für Blei zeigt.

Mit Hülfe der Wage und mit Zugrundelegung der Gesetze, nach welchen sich die Stoffe verbinden, ist der Chemiker auch im Stande, die Gewichtsmengen der in unbekannten Körpern enthaltenen Metalle und selbst metallischen Spuren mit bewunderungswürdiger Genauigkeit zu bestimmen. Das ist indessen ein Gegenstand, dessen Darstellung die Grenzen eines für Laien bestimmten Buches überschreiten würde, und der

Digitized by Google

zugleich weder für Haus noch Gewerbe ein praktiſches Intereſſe hat. Hier kam es nur darauf an, nachzuweiſen, daß die Chemie, trotzdem ſie nicht einmal den Begriff eines Metalles feſtzuſtellen vermag, doch die einzelnen Metalle in ihre verborgenſten Schlupfwinkel zu verfolgen weiß. Die Chemie iſt noch weſentlich eine Erfahrungswiſſenſchaft; aber wie keine andere hat ſie es verſtanden, die Mängel der Theorie durch den Scharfſinn der Praxis zu erſetzen.

Gebauer-Schwetſchke'ſche Buchdruckerei in Halle.

Digitized by Google

Inhalt.

Erstes Kap. Die Verbrennung . . . . . S. 1
Zweites Kap. Das Kochsalz . . . . . — 66
Drittes Kap. Der Schwefel und seine Verbindungen . . . . . — 118
Viertes Kap. Borax und Borsäure . . . . . — 218
Fünftes Kap. Die Erkennungsmittel der Chemie . — 229
Sechstes Kap. Die chemischen Kennzeichen der Metalle . . . . . — 255
1. Der allgemeine Charakter der Metalle — 255
2. Das Verhalten der Metalle und Metalloxyde zu Metalloiden und Säuren . . . . . — 267
3. Die Erkennung der in den Salzen enthaltenen Säuren . . . . . — 278
4. Die Erkennung der in Salzen verschlossenen Metalle . . . . . — 285
5. Die Metall-Analyse . . . . . — 300

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Im G. Schwetschke'schen Verlage in Halle ist erschienen:

Gewerbliches Leben.

Eine Sammlung von Vorträgen und Aufsätzen

über die

verschiedensten Fragen des Gewerbelebens und der Industriezweige für alle Freunde des Gewerbelebens, für Fabrikanten und Arbeiter, für Handwerker, Bildungs- und Gewerbevereine

von Dr. **Karl Müller** von Halle.

1. u. 2. Bändchen.

Preis à 24 Sgr.

In demselben Verlage ist ferner erschienen:

Dr. Karl Müller, Deutschlands Moose oder Anleitung zur Kenntniss der Laubmoose Deutschlands, der Schweiz, der Niederlande und Dänemarks für Anfänger sowohl wie für Forscher bearbeitet. gr. 8. geh. 2 Thlr.

Die Natur. Zeitung zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntniß und Naturanschauung für Leser aller Stände. **Mit xylogr. Illustrationen und einem naturw. Literaturblatte.** Herausgegeben von Dr. **O. Ule** und Dr. **K. Müller.** 1852—1865. Preis jedes Jahrgangs 3 1/3 Thlr.

Dr. J. F. Schröder, Das Wiederaufblühen der klassischen Studien in Deutschland im 15. und zu Anfang des 16. Jahrhunderts und welche Männer es befördert haben. Besonders für das Privatstudium der Schüler der oberen Gymnasialklassen und der Studirenden. gr. 8. geh. 1 1/3 Thlr.

Gustav Schwetschke's ausgewählte Schriften. Deutsch und Lateinisch. 8. geh. 1 2/3 Thlr.

Dr. O. Ule, Die neuesten Entdeckungen in Afrika, Australien und der arktischen Polarwelt mit besonderer Rücksicht auf die Natur- und Kulturverhältnisse der entdeckten Länder. Mit Titelvignette u. 39 Holzschnitten u. Karten. gr. 8. geh. 2 Thlr.

Dr. W. Zimmermann, Lehrbuch zur schnellen und gründlichen Erlernung der englischen Sprache. Erster Lehrgang. **Zehnte** unveränderte Auflage. gr. 8. geh. 20 Sgr.

Gebauer-Schwetschke'sche Buchdruckerei in Halle.

Digitized by Google

Digitized by Google